COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JUILLET 1894,

PRÉSIDENCE DE M. LŒWY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

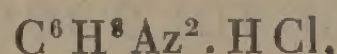
CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la phénylhydrazine. Action de l'oxygène et action de l'eau; formation des sels*; par M. **Berthelot**.

« Ayant eu occasion, dans ces derniers temps, d'employer la phénylhydrazine dans mes recherches de Physiologie végétale, j'ai fait diverses observations qui me paraissent mériter d'être signalées, en raison de leur application à l'usage de ce précieux réactif. Elles sont relatives à l'action de l'oxygène libre, qui en dégage de l'azote à froid, réaction exceptionnelle et du plus haut intérêt; à l'action de l'eau; enfin à la formation des combinaisons salines, qui donne lieu à des observations dignes de remarque pour la Statique chimique.

I. — Action de l'oxygène libre.

» 1. La phénylhydrazine, exposée au contact de l'air, ne tarde pas à jaunir et à s'altérer. Cette altération est plus manifeste encore lorsqu'on opère sur les dissolutions de la phénylhydrazine dans l'eau pure, ou dans les acides. Ces dissolutions brunissent et déposent une matière insoluble. Mais l'altération n'a pas lieu lorsqu'on opère dans une atmosphère absolument exempte d'oxygène, ou de gaz oxydant. En raison de ces circonstances, le réactif doit toujours être employé à l'état frais.

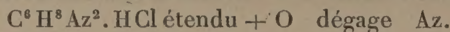
» J'ai étudié de plus près cette oxydation, en opérant en présence d'un volume d'oxygène exactement mesuré, soit à froid, soit à 100°; dans ce dernier cas en ballons scellés. L'hydrazine était pesée exactement et employée soit pure et anhydre, soit dissoute dans une proportion équivalente d'acide chlorhydrique étendu, c'est-à-dire à l'état de chlorhydrate :



$$C^6H^8Az^2.HCl,$$

tantôt pur, tantôt mélangé avec son équivalent d'acétate de soude, tel qu'on a coutume de l'employer. Il contenait $\frac{1}{3}$ d'équivalent d'alcali par litre, dans mes essais.

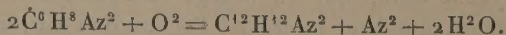
» 2. C'est pour ce dernier cas que l'action est la plus nette. Lorsqu'elle est poussée jusqu'à son terme, à 100°, ce qui exige une douzaine d'heures, elle donne lieu à l'absorption d'un atome d'oxygène et à un dégagement d'un atome d'azote, de telle sorte que le volume gazeux ne change pas.



$$C^6H^8Az^2.HCl \text{ étendu} + O \quad \text{dégage} \quad Az.$$

» Les mêmes rapports de volumes s'observent pendant toute la durée de l'expérience ; ils ont été obtenus également avec une action poussée seulement à la moitié de sa limite, poussée au tiers, et même seulement au sixième ; dernier essai qui a été réalisé à froid, vers 15°, dans l'espace d'un jour.

» Dans ces conditions, il se sépare des liqueurs un composé huileux, incristallisable, qui répond aux propriétés de la diphénylhydrazine $C^{12}H^{12}Az^2$: toutefois, l'analyse n'en a pas été faite. Sa formation explique bien la réaction observée :



$$2C^6H^8Az^2 + O^2 = C^{12}H^{12}Az^2 + Az^2 + 2H^2O.$$

» 3. La phénylhydrazine pure et anhydre, renfermée dans un ballon scellé avec de l'oxygène et chauffée à 100°, se décompose d'une manière

différente. Elle a absorbé, dans les mêmes conditions, une dose d'oxygène un peu supérieure à un atome, soit 1,1 dans un essai; 1,25 dans un autre; et elle a dégagé un volume d'azote qui surpassait de près de moitié celui de l'oxygène, soit 1,6 et 1,7 atomes dans les deux essais ci-dessus. Elle se rapproche donc, par là, d'une élimination totale, probablement par suite de la formation de produits de plus en plus condensés, produits résineux, insolubles dans l'eau et incristallisables.

» 4. La décomposition par oxydation directe de la phénylhydrazine pure, ou dissoute dans l'eau, ou bien dans les acides et au contact de l'eau, se manifeste de même par un dégagement continu de bulles d'azote, faciles à observer, soit à froid, soit dans le cours des distillations de cet alcali. La phénylhydrazine ne réagit pas sur l'oxyde de carbone. Elle n'attire pas l'acide carbonique de l'air.

II. — Action de l'eau (1). — Hydrate de phénylhydrazine.

» 1. La phénylhydrazine pure attire l'humidité de l'air et quelques gouttes placées au fond d'un verre cristallisent au bout de quelques heures en beaux cristaux lamelleux, pourvu que la température ambiante soit inférieure à 22°. On les obtient également, si l'on sature d'eau la phénylhydrazine, en y ajoutant, par exemple, un peu moins de la moitié de son volume d'eau et en abandonnant la liqueur dans une assiette à l'évaporation spontanée; le tout se change en magnifiques cristaux brillants et incolores, au moment de leur apparition, mais qui ne tardent pas à jaunir sur

---

(1) La réaction entre l'eau et la phénylhydrazine, indépendamment de la formation de l'hydrate, donne lieu à des phénomènes de quelque intérêt, au point de vue des équilibres qui s'établissent entre deux corps réciproquement solubles dans l'autre, sans cependant se dissoudre en toutes proportions. Nous avons déjà traité ce sujet, M. Jungfleisch et moi (*Annales de Chimie et de Phys.*, 4e série, t. XXVI, p. 396).

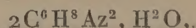
Voici des observations sur la phénylhydrazine : si l'on ajoute de la phénylhydrazine dans l'eau en excès, vers 20°, elle s'y dissout d'abord complètement et tant que sa proportion ne surpasse pas 8 centièmes environ du poids de l'eau. Réciproquement, la phénylhydrazine dissout l'eau, tant que le poids de celle-ci ne surpasse pas 40 à 45 centièmes du poids du premier liquide. Quand les proportions relatives sont comprises en dehors de ces deux limites, il se forme deux couches, contenant chacune de l'eau et de la phénylhydrazine. Si l'on élève la température, la phénylhydrazine dissout une quantité d'eau croissante et finit par s'y mélanger en toutes proportions. Mais, pendant le refroidissement, il se reforme deux couches.

les bords, puis à prendre une teinte orangée, par suite de leur oxydation lente. Cependant la masse principale subsiste pendant plusieurs jours.

» 2. Ces cristaux fondent à $+24^{\circ},1$. Ils paraissent avoir été confondus jusqu'ici avec la phénylhydrazine anhydre, à laquelle on attribue, dans les Traités, un point de fusion de 23°. En réalité, elle fond à $+17^{\circ},5$.

» 3. On obtient du premier coup l'hydrate de phénylhydrazine, en ajoutant à 10^{cc} de la base anhydre $0^{cc},9$ d'eau; l'eau s'y dissout d'abord, puis le mélange se prend en une masse cristalline, qui durcit rapidement. Dans le cas où il demeure liquide et surfondu, il suffit d'y ajouter un cristal déjà formé pour faire cesser la sursaturation; artifice qui s'applique également aux mélanges plus hydratés, et renfermant, par exemple, pour 2 parties d'alcali, un poids voisin de 1 partie d'eau.

» 4. Quel que soit le procédé de préparation, il convient d'exprimer les cristaux par compression entre des feuilles de papier buvard. Quand ils sont aussi purs que possible, on en fait l'analyse élémentaire. J'ai trouvé ainsi la formule



$$2C^6H^8Az^2, H^2O,$$

laquelle exige

$$C = 61,5, \qquad H = 7,7.$$

L'analyse a donné

$$C = 60,9; \qquad H = 7,7;$$

le carbone étant un peu faible, à cause de la grande oxydabilité de la matière.

» 5. J'en ai déterminé la chaleur de formation par deux méthodes différentes. L'une consiste à dissoudre dans la même quantité d'eau pure, 30 parties par exemple, d'une part l'hydrate, d'autre part un poids équivalent de phénylhydrazine pure.

» L'autre consiste à faire les mêmes opérations, en employant l'acide chlorhydrique étendu comme dissolvant. Enfin j'ai exécuté les mêmes opérations comparatives avec la phénylhydrazine liquide (surfondue) et avec cet alcali cristallisé à la même température, ce qui en fournit la chaleur de fusion.

» J'ai trouvé ainsi

Phénylhydrazine liquide, $C^6H^8Az^2$, + eau, à 16°....	$+0^{Cal},51$; à 21°, $+0^{Cal},29$
» cristallisée à 17°.............	$-2,16$
Hydrate, $2C^6H^8Az^2H^2O$, cristallisé à 16°.........	$-7,40$
Phénylhydrazine liquide, + HCl (1 éq. = 2^l), à 16°..	$+8,70$
» cristallisée » » .	$+6,08$
Hydrate cristallisé + 2HCl (1 éq. = 2^l)..........	$+9,00$

» 6. On déduit de ces données :

Chaleur de fusion moléculaire de la phénylhydrazine, $C^6H^8Az^2$ ..	$-2^{Cal},67$ et $-2^{Cal},62$
Chaleur de combinaison de l'eau et de la phénylhydrazine $2C^6H^8Az^2 + H^2O$, les composants liquides	$+8,42$ et $+8,40$
Chaleur de combinaison de l'eau liquide et de la phénylhydrazine cristallisée.	$+3,08$ et $+3,16$
Chaleur de combinaison, les deux composants cristallisés, environ.	$+1,55$

» L'union des deux composants liquides formant un composé liquide surfondu a donné, par action immédiate : $+0^{Cal},37$. D'où, chaleur de fusion de l'hydrate : $+8,04$.

» 7. Ces nombres se rapportent à un hydrate bien cristallisé au sein d'un dissolvant, soigneusement purgé de toute trace liquide et formé depuis un certain temps.

» Mais on obtiendrait des valeurs différentes, si l'on essayait de le préparer par synthèse directe et si l'on opérait sur un hydrate récemment obtenu, ou récemment refondu, en raison de l'état de transformation incomplète qu'il présente dans les premiers moments.

» Ainsi, ayant placé au fond d'un petit ballon de verre mince, immergé dans l'eau du calorimètre, à 19°, un certain poids de phénylhydrazine, j'y ai ajouté la dose d'eau strictement équivalente : il s'est dégagé $+0^{Cal},37$ pour $2C^6H^8Az^2 + H^2O$; le tout formant un liquide homogène. J'ai projeté dans ce liquide quelques cristaux. La cristallisation a commencé aussitôt. Au bout de dix-huit minutes, elle semblait totale; la masse était durcie et le thermomètre calorimétrique commençait à baisser; la marche de son refroidissement (0°,002 par minute) étant d'ailleurs sensiblement identique avec celle du refroidissement de l'eau, observé après enlèvement du petit ballon. On pourrait calculer à l'aide de ces données la chaleur de solidification du corps dans les cas ordinaires.

» J'ai trouvé ainsi, tout calcul fait :

Chaleur de solidification prétendue.....................	$+2^{Cal},96$	au lieu de $+8,04$
Chaleur de combinaison depuis les composants liquides..	$+3,33$	au lieu de $+8,41$
Écart.......................	$+5,08$	

j'y reviendrai.

» Cependant, le ballon ayant été conservé pendant une demi-heure sur la table, je l'ai réintroduit dans le calorimètre et, quand l'équilibre de température a été rétabli, j'ai brisé le ballon avec mon écraseur et j'ai dissous le composé qu'il renfermait dans l'eau du calorimètre. La dissolution a absorbé $-2^{Cal},64$ au lieu de $-7,40$: écart $+4,76$. La différence avec 5,08 répond au degré d'avancement plus grand de la combinaison pendant

l'intervalle d'une demi-heure, degré insensible à l'observation thermométrique directe à cause de la durée de cet intervalle. La combinaison se poursuit ainsi peu à peu. Mais au bout d'une semaine elle n'était pas encore accomplie. En effet, un échantillon similaire, préparé de même par synthèse entre 17° et 19°, après sept jours, a fourni une chaleur de dissolution égale à — 6,18; au lieu de — 7,40.

» La différence entre ces nombres caractérise l'état incomplet de la transformation : ce qui s'explique pour une partie par l'état plastique initial de semblables composés; pour une autre partie, par la combinaison incomplète de l'eau avec la phénylhydrazine, laquelle maintient en outre à l'état semi-fluide une portion notable de l'hydrate déjà constitué. J'ai déjà signalé des phénomènes du même ordre pour l'hydrate de chloral (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XII, p. 540 à 564).

» Ils montrent à quelles erreurs expose le procédé ordinairement suivi pour mesurer la chaleur de fusion des corps, d'après la chaleur dégagée pendant leur solidification, les deux phénomènes n'étant pas nécessairement réciproques; il est nécessaire dès lors de ramener les corps à un état final identique, par leur dissolution totale dans un même milieu, accompagnée ou suivie au besoin de la formation d'un composé défini, tel que le chlorhydrate de phénylhydrazine.

III. — Formation des sels.

» 1. *Chlorhydrate :*

HCl (1 éq. = 2l) + $C^6H^8Az^2$ liq. à 15°,4..... + $8^{Cal},70$ | Alcali dissous... +8,19

» M. Petit a trouvé en 1889, pour le premier nombre : 8,9.

» Un excès d'acide ne produit pas d'effet sensible.

» 2. *Sulfate :*

SO^4H^2 (1 mol. = 4l) + $C^6H^8Az^2$ liq. à 21°... + $9^{Cal},11$ | Alcali dissous... +8,82

» Ce chiffre répond au bisulfate.

SO^4H^2 (1 mol. = 4l) + $2C^6H^8Az^2$ liq. à 21°.. + $19^{Cal},39$ | D° +18,81 ou 9,40 × 2

» Le premier équivalent de base dégage moins de chaleur que le second, comme il arrive en général pour les bisulfates.

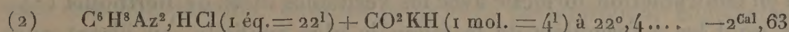
» 3. *Acétate :*

$C^2H^4O^2$ (1 éq. = 8l) + $C^6H^8Az^2$ liq. à 21°,7.	+ $5^{Cal},42$	Alcali dissous...	+5,13
$2C^2H^4O^2$ (d°) + $C^6H^8Az^2$ liq.	+ $6^{Cal},68$	D°	+6,39

» Le sel acide dégage plus de chaleur que le sel neutre, sans doute parce que l'acétate est dissocié par l'eau.

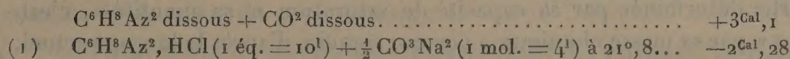
» Un excès d'alcali accroît les nombres obtenus pour les sels neutres dans une proportion sensible.

» 4. *Carbonate.* — La phénylhydrazine n'attire pas l'acide carbonique de l'air, même en présence de l'eau. Son chlorhydrate, mélangé avec une dissolution de carbonate de soude, ne donne lieu d'abord à aucun dégagement gazeux; mais il se forme quelques bulles au bout d'un certain temps. Au contraire, le mélange du chlorhydrate, avec le bicarbonate de soude dissous, produit une vive effervescence. Pour mesurer la réaction, il faut opérer en présence d'un volume d'eau capable de dissoudre la totalité du gaz carbonique.



(2) $C^6H^8Az^2, HCl$ (1 éq. = 22^l) + CO^2KH (1 mol. = 4^l) à 22°,4.... $-2^{Cal},63$

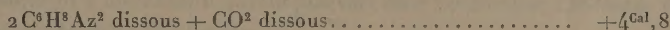
» En admettant une double décomposition totale, on en déduit



$C^6H^8Az^2$ dissous + CO^2 dissous. .... $+3^{Cal},1$

(1) $C^6H^8Az^2, HCl$ (1 éq. = 10^l) + $\frac{1}{2}CO^3Na^2$ (1 mol. = 4^l) à 21°,8... $-2^{Cal},28$

» On en déduit, en admettant de même une réaction totale, comme il arrive en fait pour les sels ammoniacaux,



$2C^6H^8Az^2$ dissous + CO^2 dissous...................... $+4^{Cal},8$

» Ces nombres s'appliquent à des corps dissociés.

» Entre la chaleur de formation du sulfate et celle du chlorure la différence : $9,40 - 8,19 = +1,21$ est de l'ordre de grandeur de celles qui caractérisent les sels alcalins stables; mais la différence entre l'acétate et le chlorure (+ 3,0) est notablement plus forte, ce qui répond à l'état dissocié du premier sel; l'écart croît surtout lorsqu'on passe aux carbonates (5,1 pour le bicarbonate; 5,8 pour le carbonate ordinaire) conformément à ce qui arrive pour l'ammoniaque ([1]) et pour les oxydes métalliques ([2]) comparés aux oxydes des métaux alcalins. Aussi, lorsqu'on mélange la dissolution du chlorhydrate ou du sulfate de phénylhydrazine avec celle de l'acétate de soude, se produit-il une absorption de chaleur très notable et cette absorption est beaucoup plus marquée encore avec les carbonates alcalins.

» Toutes ces expériences vérifient de nouveau une loi que j'ai établie

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXIX, p. 477-481.

([2]) Même Recueil, 5e série, t. IV, p. 168.

par une multitude d'expériences thermiques sur les sels dissous (*Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXX, p. 100, 103, 503, etc.; 1873), à savoir que : l'acide fort s'unit à la base forte, en formant en totalité, ou à peu près [1], le sel le plus stable en présence de l'eau, lequel est en même temps celui dont la formation à l'état solide dégage le plus de chaleur. Par suite de la constitution de ce sel au sein de la liqueur, l'acide faible reste ainsi en présence de la base faible, de façon à constituer le sel le plus dissocié, et de cet accroissement de dissociation résulte une absorption de chaleur considérable, dont la valeur numérique démontre l'existence d'une réaction à peu près totale. Ces phénomènes ne résultent pas d'une théorie; mais ils ont été établis directement par les expériences elles-mêmes. Ils sont en contradiction avec l'énoncé de la thermoneutralité saline; ils sont aussi en contradiction formelle avec les véritables idées de Berthollet [2], telles qu'il les a formulées de la façon la plus explicite, en disant que « chacun des acides », mis en présence d'une base, « a dans l'action une » partie déterminée par sa capacité de saturation et sa quantité », c'est-à-dire « par sa masse chimique » (ce qui signifie, d'après le langage actuel, en raison de son équivalent et du nombre d'équivalents mis en jeu), « sans » que l'action d'un de ces acides l'emporte sur celles des autres. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Impuretés de l'aluminium industriel.* Note de M. **Henri Moissan.**

« L'industrie de l'aluminium, fondée en France par Henri Sainte-Claire Deville en 1854, se transforme actuellement avec une très grande rapidité. Depuis que ce métal a pu être obtenu par la décomposition de l'alumine au moyen de courants intenses, sa préparation est devenue assez pratique pour que le prix du métal soit descendu à 5fr le kilogramme. De plus, le progrès si rapide de cette industrie permet d'espérer que le prix actuel pourra assez facilement être diminué.

» Il est probable que les qualités de ce métal si léger se prêteront dès lors à de nombreuses applications.

---

(1) Je dis « à peu près » : les sels mêmes des acides forts étant susceptibles de quelque trace de dissociation en présence de l'eau.

(2) *Statique chimique*, t. I, p. 15 et 72. Voir aussi *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. VI, p. 442.

» Les points secondaires qui demandent de nouvelles recherches, tels que l'affinage de l'aluminium ou la préparation à bon marché de l'alumine pure en partant de la bauxite ou du kaolin, ne tarderont pas sans doute à être résolus.

» L'aluminium industriel a déjà quelques débouchés; outre son emploi dans l'affinage des aciers et des fontes ([1]), quelques-uns de ces alliages présentent des propriétés très curieuses.

» Nous ajouterons seulement que l'aluminium produit par les différents procédés électrolytiques n'est jamais pur et que sa composition est assez variable; tous les métallurgistes savent combien les propriétés chimiques et physiques d'un métal varient avec des traces de corps étrangers. Il y aurait donc tout intérêt pour l'industrie à chercher à obtenir un aluminium aussi pur que possible, dont les propriétés deviendraient constantes et fourniraient toujours les mêmes résultats.

» Les impuretés de l'aluminium industriel signalées jusqu'ici sont au nombre de deux : le fer et le silicium.

» Le fer provient du minerai, des électrodes et des creusets. La pureté de l'alumine et la fabrication soignée des électrodes et des creusets semblent devoir l'écarter. M. Minet a publié d'intéressantes expériences sur ce sujet et a bien établi quelle pouvait être l'influence fâcheuse exercée par une petite quantité de fer.

» Le silicium provient aussi en partie des électrodes et des creusets mais surtout de l'alumine employée. La présence de ce métalloïde semble plus difficile à éviter. Bien que, dans certains cas, ce corps simple ne présente aucune action nuisible, nous avons pu en diminuer facilement la teneur par une simple fusion du métal sous une couche de fluorure alcalin ([2]).

([1]) Cet affinage de l'acier a été étudié en Angleterre par M. Hadfield, et en France par M. Le Verrier.

([2]) L'échantillon d'aluminium que nous avons utilisé dans cette étude présentait la composition suivante :

Aluminium	98,02
Fer	0,90
Silicium	0,81
Carbone	0,08
Azote	traces
	99,81

Après une fusion sous une couche de fluorures alcalins, il ne contenait plus que 0,57 de silicium pour 100.

» Mais, en dehors du silicium et du fer, il existe couramment dans l'aluminium industriel deux autres impuretés qui n'ont pas été signalées jusqu'ici. Nous voulons parler de l'azote et du carbone.

» Lorsque l'on traite un fragment d'aluminium industriel par une solution de potasse à 10 pour 100, le métal est rapidement attaqué, et l'hydrogène qui se dégage en abondance entraîne une très petite quantité de vapeurs ammoniacales. On peut en démontrer l'existence en faisant passer, bulle à bulle, l'hydrogène dans le réactif de Nessler.

» Il ne tarde pas à se produire une coloration, enfin un précipité plus ou moins abondant. Il est très important dans cette réaction d'employer de la potasse absolument pure.

» Lorsque l'on fait passer un courant d'azote dans de l'aluminium en fusion, on le sature de ce gaz et le métal ainsi obtenu nous a présenté une petite diminution dans sa charge à la rupture et dans son allongement. La présence de l'azote fait donc varier les propriétés physiques de l'aluminium (1).

» M. Mallet, professeur à l'Université de Virginie, avait indiqué, dès 1876, l'existence d'un azoture d'aluminium; c'est à ce corps légèrement soluble dans l'aluminium que doivent être attribués ces changements de propriétés (2).

» Nous avons rencontré le carbone dans les aluminiums industriels d'une façon constante, et en plus grande quantité que l'azote. Lorsque l'on traite une centaine de grammes d'aluminium par un courant d'acide chlorhydrique ou d'acide iodhydrique bien exempt d'oxygène, il reste un résidu gris. Cette matière, reprise par l'acide chlorhydrique étendu donne un carbone amorphe très léger, de couleur marron, qui brûle entièrement dans l'oxygène en donnant de l'acide carbonique; ce carbone ne contient pas trace de graphite. On peut doser ce carbone en attaquant une dizaine de grammes d'aluminium par une solution concentrée de potasse. On reprend le résidu par l'eau, puis on le sèche et enfin on le brûle dans un courant d'oxygène. Du poids d'acide carbonique recueilli il est facile de déduire le poids decarbone. Nous avons trouvé ainsi les chiffres suivants : Carbone pour 100 : 0,104, 0,108 et 0,080.

---

(1)

	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Allongement.
Aluminium fondu.........	$7^{kg},500$	$11^{kg},102$	9^{mm}
Aluminium saturé d'Az....	$6^{kg},500$	$9^{kg},600$	6^{mm}

(2) J. Mallet, *Sur un azoture d'aluminium* (*Journ. of the chem. Society*, t. XXX, p. 340; 1876).

» L'action exercée par ce métalloïde sur les propriétés physiques de l'aluminium nous semble bien caractéristique.

» Pour la mettre en évidence, nous avons fait fondre au creuset un aluminium de bonne qualité; nous en avons coulé une partie dans une lingotière; puis, dans la masse restante encore liquide, nous avons fait dissoudre du carbure d'aluminium cristallisé, préparé au four électrique. Quelques instants plus tard, on coulait un nouvel échantillon du métal, et l'on avait ainsi deux échantillons : l'un d'aluminium fondu, l'autre d'aluminium carburé.

» On a découpé dans ces lingots des éprouvettes, et, tandis que l'aluminium fondu présentait, par millimètre carré, une charge de rupture de $11^{kg},100$, et un allongement pour 100 de 9^{mm}, l'aluminium carburé ne présentait plus qu'une charge de rupture qui a oscillé entre $8^{kg},600$ et $6^{kg},500$ et un allongement pour 100 de 3^{mm} à 5^{mm} (1).

» En résumé, l'aluminium industriel, outre le fer et le silicium, contient une petite quantité de carbone et des traces d'azote (2). Ces différents corps modifient notablement les propriétés de l'aluminium, mais il est à espérer que l'électrométallurgie pourra produire bientôt un métal plus pur et de composition constante. »

---

(1) Ces expériences ont été faites sur le métal tel qu'il a été fondu, sans laminage ni recuit.

Après un premier laminage sans recuit, on a obtenu les chiffres suivants :

	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Allongement.
Aluminium carburé...........	20^{kg}	$20^{kg},793$	$2^{mm},5$
Après laminage et recuit......	$7^{kg},700$	$13^{kg},800$	$26^{mm},5$

(2) Nous ajouterons aussi que l'aluminium industriel renferme une petite quantité d'alumine ne présentant aucune forme cristalline. Enfin, dans certains échantillons, nous avons pu reconnaître au microscope, dans le résidu provenant de l'attaque par l'acide chlorhydrique, de petits cristaux très nets de borure de carbone. Le bore de ce composé provenait de l'acide borique qui avait servi à agglomérer le charbon des électrodes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation d'un carbure d'aluminium cristallisé.* Note de M. **Henri Moissan.**

« On ne connaissait jusqu'ici aucun carbure d'aluminium. La solubilité du carbone dans ce métal avait même été mise en doute par plusieurs savants [1].

» Nous avons préparé au four électrique un carbure d'aluminium de formule $C^3 Az^4$, très bien cristallisé, auquel nous avons fait allusion dans la Note précédente.

» *Préparation.* — Pour obtenir ce nouveau composé, on se sert du four électrique à tube, que nous avons décrit dans une Note antérieure [2]. Des nacelles de charbon assez épaisses, remplies d'aluminium, sont placées dans le tube de charbon, qui est traversé par un courant d'hydrogène. Chaque nacelle contient environ 15^{gr} à 20^{gr} d'aluminium; on chauffe pendant cinq à six minutes avec un courant de 300 ampères et 65 volts. Le refroidissement se termine dans le courant d'hydrogène, et l'on trouve les nacelles remplies d'une masse métallique de couleur grise, sur la surface de laquelle se trouvent des sphères métalliques qui se sont formées par suite d'un rochage au moment de la solidification.

» Lorsque l'on casse le contenu de la nacelle, l'aluminium apparaît pailleté de cristaux brillants d'une belle couleur jaune.

» On obtient un aluminium qui présente le même aspect lorsque l'on chauffe modérément ce métal dans un creuset de charbon au four électrique; seulement, dans cette dernière préparation, les cristaux jaunes de carbure d'aluminium sont souillés par une petite quantité d'azote. En réduisant au four électrique un mélange de kaolin et de charbon, le résultat est identique. Il se dégage d'abondantes vapeurs et il reste un culot métallique présentant une cassure cristalline bien nette, de couleur jaune pâle.

---

(1) D'après M. Mallet, l'aluminium ne se combine pas au carbone; au contraire, M. Frank, par la calcination d'un mélange de noir de fumée et d'aluminium, a obtenu un métal qui fournit par l'acide chlorhydrique de l'hydrogène souillé d'acétylène.

(2) Henri Moissan, *Sur un nouveau modèle de four électrique à réverbère et à électrodes mobiles* (*Comptes rendus*, t. CXVII, p. 679).

» Pour séparer ce carbure de l'excès de métal, on divise le culot en fragments de 1^{gr} à 2^{gr}, et l'on en attaque 2^{gr} à 3^{gr} au plus par l'acide chlorhydrique concentré. Cette attaque se fait dans un tube à essai entouré d'eau glacée. Il est important, en effet, d'empêcher la température de s'élever, et d'opérer le plus rapidement possible, car l'eau, même froide, décompose le carbure d'aluminium comme nous le verrons plus loin.

» Lorsque l'attaque s'arrête par suite de la formation de chlorure d'aluminium peu soluble dans l'acide chlorhydrique, on lave à l'eau glacée, on décante le liquide, puis on reprend le métal par une nouvelle quantité d'acide. Dès qu'il ne se dégage plus d'hydrogène, le résidu est lavé rapidement à l'eau froide, puis avec de l'alcool concentré, enfin avec de l'éther, et séché à l'étuve.

» Pour que cette préparation soit bien faite, elle doit s'exécuter en trente minutes environ. On dispose une série de tubes à essai que l'on surveille tous en même temps.

» L'emploi de l'acide chlorhydrique moins concentré détermine une attaque beaucoup plus calme, mais aussi plus longue, il fournit un produit déjà très altéré.

» *Propriétés.* — Le carbure d'aluminium préparé dans les conditions que nous venons d'indiquer se présente en beaux cristaux jaunes, transparents, dont certains atteignent 5^{mm} à 6^{mm} de diamètre. Quelques cristaux ont la forme d'hexagones bien réguliers doués d'une certaine épaisseur. Leur densité, prise dans la benzine, est de 2,36. La température la plus élevée que puisse fournir l'arc électrique les décompose.

» Le chlore attaque ce carbure au rouge sombre avec incandescence. Il se forme du chlorure d'aluminium et il reste un charbon lamellaire qui a conservé la forme des cristaux primitifs; c'est un carbone amorphe sans trace de graphite. Le brome est sans action sur ce carbure à la température ordinaire, mais, vers 700°, une incandescence se produit, il se fait du bromure d'aluminium et un résidu de carbone. L'iode ne paraît pas avoir d'action au rouge vif.

» L'oxygène au rouge sombre n'attaque le carbure d'aluminium que superficiellement; ce phénomène tient à ce que l'alumine qui se forme dès le début de la réaction recouvre le carbure d'une gaine protectrice. Au contraire, le soufre l'attaque à la même température avec un grand dégagement de chaleur; il se produit en quelques instants du sulfure d'aluminium et des traces de sulfure de carbone. La plus grande partie du charbon reste sous forme de minces lamelles.

» L'azote et le phosphore ne décomposent pas le carbure d'aluminium au rouge sombre.

» Certains oxydants attaquent ce carbure avec énergie. Mélangé avec du permanganate de potasse sec et légèrement chauffé, il produit une belle incandescence; il se forme de l'alumine et il se dégage de l'acide carbonique. Le bichromate de potasse et l'acide chromique le brûlent lentement au rouge sombre. L'oxyde puce de plomb et le massicot sont réduits avec incandescence, tandis que le chlorate et l'azotate de potassium sont sans action.

» Une solution de bichromate alcalin, additionnée d'acide sulfurique, l'attaque lentement à froid et à l'ébullition. L'acide nitrique fumant est sans action à froid ou à chaud, mais l'addition de l'eau détermine l'attaque qui se produit en quelques instants.

» L'acide chlorhydrique concentré n'attaque que très lentement ce carbure, tandis que l'acide étendu le dissout en quelques heures. L'acide sulfurique concentré et bouillant est réduit avec formation d'acide sulfureux; l'acide étendu réagit surtout vers 100°.

» La potasse en fusion attaque ce carbure très énergiquement à une température voisine de 300°; au contraire, les carbonates alcalins, au rouge vif, ne produisent qu'une décomposition incomplète.

» La réaction la plus curieuse que nous présente ce carbure d'aluminium est la décomposition lente de l'eau qu'il produit à la température ordinaire. Nous avons démontré précédemment que les acétylures alcalino-terreux cristallisés, de formule C^2Ca, se décomposaient au contact de l'eau en fournissant du gaz acétylène pur. Le carbure jaune d'aluminium, de formule C^3Al^4, se décompose en présence de l'eau en donnant du méthane CH^4. Il suffit de placer dans un tube rempli de mercure quelques cristaux de ce composé avec une petite quantité d'eau pour voir le dégagement se produire. Après douze heures, 0,145 de ce carbure ont donné $7^{cc},5$ de gaz, et après soixante-douze heures un volume de $35^{cc},5$. La décomposition, pour être complète, demande dix à douze jours. La chaleur l'accélère, mais la lumière ne paraît pas avoir d'effet.

» Cette réaction, d'après nos analyses, est exprimée par la formule :



$$C^3Al^4 + 12H^2O = 3CH^4 + 2[Al^2(OH)^6] \quad (^1).$$

» *Analyse.* — L'analyse de ce carbure d'aluminium nous a présenté de

(1) D'après cette formule, 0,100 de carbure doivent donner $48^{cc},8$ de méthane. Voici

nombreuses difficultés à cause de sa facile décomposition par l'eau. Si les échantillons obtenus ne sont pas absolument purs, ils contiennent de l'alumine hydraté, qui complique beaucoup le dosage. La formule C^3Al^4 exigerait théoriquement $C = 24,6$ et $Al = 75,4$.

» *Dosage de l'aluminium.* — Nous avons employé deux méthodes pour doser l'aluminium :

» 1° Un poids connu de ce carbure est abandonné quelques heures au contact de l'acide chlorhydrique étendu jusqu'à dissolution complète. Si le corps est absolument pur, il n'y a pas de résidu, sinon on peut filtrer pour séparer une petite quantité de carbone et de produits insolubles. Le liquide limpide renferme du chlorure d'aluminium; on l'évapore lentement, puis on le calcine avec précaution. Il ne reste que de l'alumine très légère qui donne, par son poids, la quantité d'aluminium que renfermait le composé.

» Nous avons trouvé ainsi :

Al pour 100....................	74,48	75,12

» 2° Un poids donné de ce carbure d'aluminium est attaqué par la potasse au creuset d'argent. On reprend le résidu par l'eau et la solution est neutralisée par l'acide chlorhydrique que l'on maintient en très léger excès. Le liquide porté à l'ébullition est traité en liqueur étendue par l'hyposulfite de soude. Il se produit un précipité d'alumine et de soufre. Après filtration, on calcine et l'on pèse.

Al pour 100..............	74,7	74,9	75,7

» *Dosage du carbone.* — Lorsque l'on traite le carbure d'aluminium par le chlore tout le métal est entraîné sous forme de chlorure et il reste du charbon. Il est facile d'enlever l'excès de chlore retenu par le charbon en chauffant ce dernier dans un courant d'hydrogène, puis de brûler le carbone dans l'oxygène et de peser l'acide carbonique produit. Cette

---

le détail de deux expériences :

1° 0,070 ont donné $31^{cc},5$; il faudrait théoriquement 32,6;
2° 0,145 ont donné $69^{cc},1$; il faudrait théoriquement 70,9.

Le gaz recueilli dans ces conditions est du méthane, ainsi que l'établit l'analyse suivante : volume primitif $1^{cc},6$, oxygène ajouté $8^{cc},5$. Après détonation $7^{cc},1$, contraction 3^{cc}. Après potasse $5^{cc},6$. Acide carbonique formé $1^{cc},5$.

méthode nous a toujours donné des résultats trop faibles même avec du chlore parfaitement desséché. Cela tient à ce que le chlore peut renfermer des traces d'oxygène et d'acide carbonique et aussi à la présence d'une petite quantité d'alumine qui souille le plus souvent le produit et qui, mélangée au charbon, est attaquée par le chlore avec production d'oxyde de carbone.

» Le chiffre le plus rapproché que nous ayons trouvé par cette méthode était de 23,5, tandis que la formule C^3Al^4 exigerait 24,6.

» Le seul procédé qui nous ait donné des résultats comparables consiste à décomposer par l'eau à la température ordinaire un poids déterminé de carbure et à mesurer le volume du gaz méthane dégagé. De ce dernier volume il est facile de déduire le poids de carbone contenu dans le carbure d'aluminium.

» Nous avons trouvé ainsi :

Carbone pour 100.........	24,2	24,7	24,8

» *Conclusions.* — En résumé, le carbone peut s'unir à l'aluminium pour fournir un carbure jaune cristallisé de formule C^3Al^4. Ce nouveau composé possède des propriétés réductrices bien marquées; sa réaction la plus curieuse est de décomposer lentement l'eau à la température ordinaire en dégageant du méthane ou formène CH^4. C'est le premier exemple d'une semblable décomposition. Peut-être ce carbure intervient-il dans les phénomènes géologiques qui produisent depuis des siècles des dégagements de formène. »

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Du lieu de production et du mécanisme des souffles entendus dans les tuyaux qui sont le siège d'un écoulement d'air;* par M. A. Chauveau.

« La littérature scientifique, si riche en travaux sur les bruits musicaux ayant pour cause directe ou indirecte les vibrations de l'air, est d'une rare pauvreté sur les *bruits de souffle* ou simples *murmures* engendrés par l'écoulement des fluides élastiques dans les tuyaux. Ce dernier sujet est, sans doute, moins intéressant que le premier pour les physiciens. Mais il importe tout particulièrement aux physiologistes. C'est, en effet, à l'étude physique des souffles et des murmures, engendrés par l'écoulement de l'air dans les tuyaux inertes, qu'ils ont à demander les éléments du méca-

nisme des bruits respiratoires divers que l'auscultation révèle aux observateurs.

» Tout récemment, au cours de leçons sur la théorie de l'auscultation, j'ai été placé en présence de la nécessité de suppléer à cette pénurie de documents spéciaux. J'ai dû faire plusieurs séries de recherches expérimentales, pour étudier les phénomènes acoustiques produits par le mouvement de l'air dans les tuyaux inertes. Il n'est peut-être pas inutile de faire connaître ces recherches, ne fût-ce que pour exciter les gens compétents à s'occuper du sujet.

» *Délimitation du sujet.* — Tout d'abord, il est nécessaire de s'entendre sur les phénomènes acoustiques visés dans cette étude. Il s'agit de phénomènes dont la perception est accessible à l'ouïe, sans autre intermédiaire que les appareils acoustiques qui permettent d'ausculter l'intérieur des tuyaux où s'accomplit un écoulement d'air.

» Par exemple, une des extrémités d'un tube en caoutchouc de petit diamètre est introduite, par une narine, jusqu'aux environs de l'orifice guttural de la cavité nasale. L'autre extrémité est munie d'un embout auriculaire étroitement engagé dans le conduit auditif externe. On entend ainsi, sur soi-même, admirablement bien, les bruits respiratoires qui se produisent ou qui retentissent dans la cavité pharyngienne : ils sont tantôt très forts, forts, faibles, tantôt nuls, suivant la rapidité avec laquelle s'effectue l'écoulement de l'air dans l'arbre respiratoire. Ce sont ces bruits, souffles plus ou moins rudes ou murmures doux à peine perceptibles, qui font l'objet des présentes recherches.

» Il est bon d'indiquer de suite la portée et la signification de ces recherches, en formulant les diverses propositions qu'elles ont servi à établir.

» Propositions résumant et synthétisant les résultats des expériences. — 1° *L'écoulement de l'air dans les tuyaux est, par lui-même, absolument silencieux.*

» 2° *L'aphonie des écoulements d'air se constate surtout dans les conditions suivantes :*

» *a. La section du tuyau où s'opère l'écoulement est parfaitement uniforme dans tous les points;*

» *b. Le pourtour des orifices terminaux du tuyau ne forme pas d'arête vive capable de briser et de faire vibrer les courants d'air à leur entrée ou à leur sortie;*

» *c. La vitesse de l'écoulement reste au-dessous d'un certain minimum, de valeur constante pour les tuyaux de même longueur et de même diamètre.*

» 3° *Si la vitesse de l'écoulement s'élève plus ou moins au-dessus dudit minimum, les autres conditions restant les mêmes, l'écoulement devient soufflant.*

» 4° *L'écoulement peut devenir également soufflant quand, sans rien changer à la vitesse qui le rend habituellement aphone, on modifie en un ou plusieurs points le diamètre du tuyau, soit par dilatation, soit par rétrécissement.*

» 5° *Les souffles sont dus, dans ces divers cas, aux veines fluides qui se forment aux orifices de sortie de l'air : orifices extérieurs ou orifices intérieurs, représentés par l'abouchement d'une partie relativement étroite dans une partie relativement ou absolument dilatée des tuyaux à section non uniforme.*

» 6° *La production des souffles dépend exclusivement des vibrations propres de ces veines fluides. Dans les tuyaux à section parfaitement uniforme, où il n'y a de veine fluide qu'à l'orifice extérieur d'écoulement, le souffle entendu à l'intérieur de ces tuyaux a donc son origine au dehors, vers l'extrémité terminale de l'appareil d'écoulement.*

» 7° *Les bruits de souffle qu'engendrent les veines fluides se transmettent, en effet, avec la plus grande facilité et peuvent être entendus très loin du lieu de leur production, avec une netteté qui donne l'illusion de cette production dans le point même où l'oreille les perçoit.*

» 8° *La transmissibilité des souffles est fonction de leur intensité, et cette intensité, fonction de la vitesse dont sont animées les veines fluides soufflantes.*

» Ces propositions ressortent des faits qui se révèlent dans les expériences ci-après signalées.

» *Matériel employé pour les expériences.* — Pour étudier les écoulements d'air, je me sers d'un tuyau de caoutchouc de fabrication soignée, ayant 20^m de longueur et 9^{mm} de diamètre. Il est garni à ses deux extrémités d'ajutages métalliques qui portent les orifices. Ceux-ci s'ouvrent chacun au milieu d'un petit disque plat. Leur pourtour est émoussé pour éviter la production des bruits autres que ceux qui sont la conséquence directe du mouvement même de l'air à l'intérieur des tuyaux.

» Un étroit branchement latéral de l'ajutage permet l'adaptation du tube de caoutchouc avec lequel on pratique l'auscultation intérieure de ces tuyaux. Grâce à cette disposition, les moindres bruits *intérieurs* arrivent à la menbrane du tympan : celle-ci faisant alors partie de la paroi d'une sorte de diverticule de la cavité tubulaire où les bruits sont perçus.

» L'appareil moteur qui détermine l'écoulement de l'air dans le tuyau se compose de deux réservoirs d'une capacité de 40 litres, communiquant par un large et long tube intermédiaire, en caoutchouc. L'un de ces réservoirs est fixe. L'autre peut, à l'aide d'un treuil, être élevé au-dessus ou abaissé au-dessous du premier. On fait ainsi passer de l'un dans l'autre une certaine quantité d'eau ; d'où il résulte un refoulement ou un appel d'air dans le réservoir fixe. Une large tubulure placée à la partie supérieure

de ce dernier réservoir reçoit l'une des extrémités du tuyau de 20^m. Ce tuyau devient ainsi le siège d'un écoulement par compression ou par aspiration, c'est-à-dire sous pression positive ou sous pression négative : c'est la reproduction schématique de l'expiration et de l'inspiration.

» Cet outillage permet la reproduction facile de deux séries d'expériences fondamentales :

1° Dans l'une, on transforme un écoulement *soufflant* en écoulement silencieux, par diminution de la vitesse de l'écoulement.

2° Dans l'autre, on rend à un écoulement silencieux son aptitude soufflante, sans modifier la vitesse de l'écoulement.

» *Transformation d'un écoulement soufflant en écoulement silencieux, par ralentissement de la vitesse de l'air.* — Un écoulement d'air est établi dans le tuyau de 20^m, soit par refoulement, soit par appel, avec une vitesse assez considérable, par exemple 4^m par seconde. Cet écoulement est très fortement soufflant dans toute la longueur du tuyau. Que si l'on diminue graduellement la vitesse de l'écoulement, en diminuant la dénivellation entre les surfaces d'eau des deux réservoirs, il arrive un moment où tout bruit de souffle est supprimé dans le tuyau : l'écoulement est rendu tout à fait aphone.

» Mais cette aphonie ne survient pas en même temps aux deux extrémités du tuyau. Elle débute par l'extrémité qui constitue la porte d'entrée de l'air. Lorsque l'écoulement se fait par refoulement, tout souffle disparaît du côté de l'entrée même avant que la vitesse de l'air ait été réduite à 2^m par seconde (dénivellation de 36^{cm} à 40^{cm} par seconde). A l'autre extrémité, celle qui répond à la sortie de l'air, pour que le souffle disparaisse complètement sous l'oreille, il faut que la dénivellation soit diminuée davantage.

» D'après cette expérience on serait tenté de croire que les bruits de souffle entendus dans les tuyaux, qui sont le siège d'un écoulement d'air, se produisent *sur place*, par collision des molécules d'air sur la paroi des tuyaux. La marche de la disparition des souffles, pendant l'atténuation graduelle de la vitesse d'écoulement, est très favorable à cette manière de voir. En effet, la production du bruit dans l'expérience se montre influencée, comme l'est le frottement, par la vitesse de l'écoulement de l'air. Il ne faut pas oublier que l'air n'est pas animé de la même vitesse dans toute l'étendue des tuyaux où il s'écoule. Le chemin parcouru par l'air en un temps donné croît en progression arithmétique, à peu près régulière, de l'entrée à la sortie des tuyaux, parce que la valeur du débit, en chaque point que l'on considère, est inversement proportionnelle à la densité de l'air entraîné ou à la pression qu'il supporte. Or la pression supportée par l'air en mouvement dans un tuyau diminue graduellement de l'entrée à la sortie. La

vitesse d'entraînement de l'air augmente donc graduellement à mesure qu'il s'avance vers l'orifice d'écoulement.

» Ainsi, dans notre expérience, le souffle cesse d'abord de se faire entendre du côté de l'entrée de l'air, là où l'écoulement est le moins rapide, puis du côté de la sortie, là où l'écoulement prend plus de rapidité. Il est donc logique de considérer les bruits de souffle comme l'effet direct de la vitesse avec laquelle l'air entraîné frotte contre les parois du tuyau d'écoulement; mais on va voir que cette hypothèse, si plausible soit-elle, ne représente pas le véritable mécanisme des souffles.

» *Transformation d'un écoulement aphone en écoulement soufflant sans modification de la vitesse de l'air.* — Il convient, pour ces nouvelles expériences, d'adopter la disposition dans laquelle l'écoulement se fait de l'extérieur vers le réservoir : les expériences sont rendues plus faciles. Pour avoir alors un écoulement silencieux du côté de l'orifice de sortie, il faut réduire la dénivellation du réservoir à 20^{cm}-25^{cm}. L'aphonie complète étant obtenue, on substitue à l'ajutage simple de l'extrémité libre un ajutage dilaté, dans sa partie moyenne, par une ampoule cylindrique, longue de 6^{cm}, large de 3^{cm}, ayant le pourtour de ses orifices intérieurs parfaitement émoussé comme celui des orifices extérieurs. On constate alors qu'avec la même dénivellation des réservoirs, l'auscultation permet d'entendre un souffle très intense aux deux extrémités du tuyau.

» Ainsi, la vitesse de l'écoulement ne constitue pas le facteur essentiel du mécanisme des souffles, puisque, sans rien changer à cette vitesse, on redonne à un écoulement, rendu aphone, l'aptitude à produire des souffles retentissants.

» La suite de l'expérience apprend quelque chose de plus.

» Cette expérience, en effet, étant disposée comme il vient d'être dit, on arrive encore, par ralentissement graduel de la vitesse d'écoulement, à faire disparaître le souffle. Mais, chose remarquable, *l'aphonie survient plus tôt du côté de la sortie que du côté de l'entrée.* C'est précisément le contraire de ce qui s'observe dans la première série des expériences. Maintenant, en effet, il faut ramener la différence des niveaux de l'eau dans les deux réservoirs à 16^{cm}-17^{cm}, pour rendre l'écoulement silencieux du côté de la sortie de l'air, et à 15^{cm}-16^{cm}, pour obtenir le même résultat du côté de l'entrée.

» Ces faits ne permettent plus de considérer la production des souffles comme l'effet direct de la vitesse de l'écoulement, vitesse qui, au-dessus d'une certaine valeur minima, donnerait au frottement de l'air, sur la paroi du tuyau, l'aptitude à provoquer, entre les molécules gazeuses, des collisions sonores.

» *Objection.* — La substitution d'un ajutage ampullaire à un ajutage simple ne modifie pas d'une manière appréciable la vitesse d'ensemble de

l'écoulement, dont la pente générale reste exactement la même dans les deux cas : ceci est parfaitement vrai. Mais il se produit des modifications locales, tenant aux changements que la présence de l'ampoule introduit dans la distribution des pressions. Il est sûr, en effet, qu'au point où l'air passe de l'ampoule dans le tuyau, il y a une chute brusque de la pression, donc une accélération de l'écoulement. Ne serait-ce pas cette accélération, en un point extrêmement limité, qui serait la cause du souffle provoqué par l'adjonction de l'ampoule? La question peut être posée. Mais il n'y faut voir qu'une objection théorique. S'il est vrai, en effet, que l'accélération locale d'un écoulement puisse atteindre une grande valeur du fait de la présence d'une ampoule sur le trajet d'un tuyau, ce n'est pas dans le cas particulier que nous examinons. En effet, sur notre tuyau de 20^{m}, une ampoule de 6^{cm} de long, placée à quelques centimètres du point d'entrée de l'air, ne peut exercer qu'une influence insignifiante sur la vitesse de l'écoulement, au point d'union de l'ampoule et du tuyau. Néanmoins, il est bon de montrer expérimentalement que cette objection ne doit pas être prise en considération. Ladite démonstration se trouve, avec d'autres renseignements importants, dans l'expérience suivante.

» *Écoulement aphone rendu soufflant sans aucune modification matérielle apportée à l'appareil où s'effectue l'écoulement.* — Cette fois on se sert d'un écoulement d'air allant du réservoir à l'extrémité libre du tuyau, c'est-à-dire s'effectuant sous pression positive. L'écoulement est rendu silencieux par un amoindrissement suffisant de la dénivellation de l'eau des réservoirs. Que l'on approche alors de l'orifice de sortie, une mince membrane en caoutchouc, bien tendue sur une caisse de résonance; aussitôt l'écoulement devient soufflant dans toute la longueur du tuyau : les vibrations de la veine fluide *extérieure*, qui s'échappe de ce tuyau, sont alors assez renforcées pour que le souffle qui en résulte s'entende non seulement près de l'orifice de sortie, mais encore près de l'orifice d'entrée, c'est-à-dire à 20^{m} du point où le bruit prend naissance.

» *Conclusion définitive.* — Cette expérience ne laisse subsister aucun doute sur le lieu de production et le mécanisme des souffles entendus dans les tuyaux, siège d'un écoulement d'air. Ces souffles ne se produisent pas sur place. Ils sont l'effet de la transmission des bruits engendrés par les veines fluides vibrantes qui se forment aux orifices d'écoulement (veines extérieures), ou à l'entrée des dilatations absolues ou relatives des tuyaux (veines intérieures).

» *Expériences confirmatives.* — 1° Dans tous les cas dont il a été parlé jusqu'à présent, si l'on compare attentivement les bruits entendus aux deux extrémités du

tuyau, ces bruits sont plus faibles, plus lointains à l'une de ces extrémités. On sent qu'ils se produisent à l'autre d'où ils se propagent vers la première. Au moins ceci est-il très net lorsque l'écoulement s'opère avec la vitesse minima nécessaire à sa sonorité.

» 2° Si, l'écoulement ayant lieu de l'extérieur vers le réservoir, on place, à l'extrémité libre du tuyau, une ampoule dont l'orifice extérieur puisse être facilement modifié dans sa longueur, sans atteinte portée au diamètre, le timbre et l'intensité du bruit produit par la veine fluide intérieure, qui se forme alors dans l'ampoule, subissent des modifications considérables. Or, toutes ces modifications se traduisent 20^m plus loin, près de l'orifice de sortie ; elles donnent bien alors aux bruits entendus sur ce point leur véritable caractère, celui de bruits transmis.

» Ces expériences ont été variées de bien des manières, et toujours elles ont donné les mêmes résultats. Jamais il n'a été possible, dans les conditions expérimentales où je me suis placé, de produire des souffles autres que ceux qui résultent des vibrations des veines fluides, *extérieures* ou *intérieures*, engendrées par l'écoulement de l'air. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Application de la pomme de terre à l'alimentation du bétail. — Production de la viande;* par M. **Aimé Girard.**

« C'est, en maintes contrées, une coutume ancienne que de faire intervenir accidentellement, et dans une mesure limitée, la pomme de terre à l'alimentation du bétail. Il en est ainsi en France dans les provinces de l'Est, dans certaines parties de la Bourgogne, etc.

» Mais c'est toujours sans règle et sans compte que cette intervention a eu lieu jusqu'ici. Deux agriculteurs seulement, M. Cormouls-Houlès à Mazamet (Tarn) et M. Pluchet, à Roye (Somme), ont, l'année dernière, fait connaître à ce propos quelques résultats précis et singulièrement satisfaisants d'ailleurs.

» Ces résultats, cependant, ne sauraient suffire à éclairer nos cultivateurs au sujet de la grande valeur fourragère qu'il convient d'attribuer à la pomme de terre ; pour porter la conviction dans leur esprit, c'était chose nécessaire que de soumettre la question à un examen nouveau, essentiellement méthodique, et permettant d'établir la balance entre les dépenses et les profits que détermine l'emploi de ce fourrage.

» Cet examen, il est vrai, a déjà donné lieu en Allemagne, il y a trente ans, à divers travaux dus à MM. Wolf, Wilhem et surtout à M. le Dr Kühn ; mais, aujourd'hui, en suite des grands progrès accomplis par la culture

intensive de la pomme de terre, les conclusions auxquelles ces travaux ont conduit doivent être regardées comme surannées.

» Les considérations qui précèdent m'ont amené à penser que ce serait faire œuvre utile à l'agriculture française que de reprendre cet examen, et c'est sur les animaux de l'espèce bovine et de l'espèce ovine qu'il m'a semblé surtout intéressant de le faire porter.

» Ainsi limitée, l'entreprise était cependant trop vaste encore pour que je pusse prétendre à la suivre tout entière. J'ai pensé qu'il y aurait avantage pour la science agricole à ce qu'elle fût divisée, et j'ai fait appel, pour qu'il en prît sa part, à M. Cornevin, professeur à l'École Vétérinaire de Lyon, bien connu pour ses travaux sur l'alimentation du bétail.

» Répondant à cet appel, M. Cornevin a bien voulu se charger d'étudier à Lyon, suivant ses inspirations propres, l'influence de l'alimentation à la pomme de terre sur les vaches laitières [1]; tandis que, de mon côté, je m'appliquais à préciser l'influence de cette alimentation sur la production de la viande.

» C'est à Joinville-le-Pont, dans les étables de la ferme de la Faisanderie, annexée à l'Institut national agronomique, et sous la surveillance de M. Lachouille, régisseur de la ferme, que mes recherches ont eu lieu. Elles ont porté sur une bande de neuf grands bœufs, du poids de 800^{kg} en moyenne, que M. Maringe, éleveur réputé de la Nièvre, avait bien voulu me confier, et sur 33 moutons choisis dans le troupeau de Joinville; elles ont duré du 28 novembre 1893 au 24 mars 1894.

» Le plan d'ensemble suivant lequel ces recherches ont été conduites a consisté à mettre en parallèle, pour les bœufs aussi bien que pour les moutons, trois lots recevant : le premier, une ration normale faite de betteraves et de foin; le second, une ration normale également, équivalente à la première, mais faite de pommes de terre et de foin; le troisième, une ration enrichie en pommes de terre; les deux premiers lots devant permettre de constater la valeur de la pomme de terre fourragère au point de vue de la production de la viande, en comparaison avec la valeur bien connue de la betterave; le troisième étant destiné à reconnaître l'influence d'une quantité de tubercules supérieure à la ration normale et à fixer, par conséquent, la limite de l'emploi utile de la pomme de terre.

» C'est à l'état cuit que ce fourrage, sauf un cas distinct de ceux qui viennent d'être indiqués, a été délivré aux animaux.

» La betterave et la pomme de terre, mises en parallèle, avaient l'une

---

(1) Voir, page 115, la Note de M. Cornevin.

et l'autre une composition telle qu'au point de vue des matières sèches, considérées comme nutritives, 100^{kg} de betteraves équivalaient à 50^{kg} de pommes de terre.

» Dans ces conditions, la ration normale a été, par tête et par jour :

» 1° Pour les bœufs, de 50^{kg} de betteraves ou de 25^{kg} de pommes de terre cuites, enrobés dans 5^{kg} de menue paille, de 7^{kg},500 de foin et de 30^{gr} de sel.

» 2° Pour les moutons, de 4^{kg} de betteraves ou de 2^{kg} de pommes de terre cuites, enrobés dans 0^{kg},500 de menue paille, de 0^{kg},750 de foin et de 30^{gr} de sel.

» Quant à la grande ration, elle a été constituée en portant la proportion de pommes de terre à 30^{kg} pour les bœufs et à 3^{kg} pour les moutons, la proportion de foin, de la menue paille, etc., ne subissant d'ailleurs aucun changement.

» Les bœufs ont été, aussi exactement que possible, répartis en trois lots de trois animaux chacun : le premier pesait au total 2387^{kg},900, le second 2316^{kg}, le troisième 2362^{kg},500.

» Pour mieux caractériser l'influence exercée sur l'accroissement de ces bœufs par l'alimentation à la pomme de terre, j'ai maintenu d'abord en comparaison, pendant une période de 61 jours, du 28 novembre 1893 au 27 janvier 1894, les trois lots séparés, recevant chacun la ration ci-dessus indiquée. Chaque semaine, les bœufs étaient individuellement pesés à la bascule; sans noter ici ces pesées successives [1], j'indiquerai les pesées initiales et finales de chaque lot, ainsi que l'augmentation en poids vif à laquelle celles-ci correspondent.

		Poids		Augmentation du poids vif		
		initial.	final.	totale.	par tête et par jour.	en cent. du poids init.
1er lot.	Ration normale de betterave et de foin.	kg 2387,9	kg 2569	kg 186,4	kg 1,000	7,3
2e lot.	Ration normale de pommes de terre et de foin.	2316,0	2564	238,5	1,308	10,1
3e lot.	Grande ration de pommes de terre et de foin.	2362,5	2638	276,5	1,520	13,7

(1) *Voir* le Mémoire complet qui paraîtra prochainement au *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*.

» Ces chiffres suffisent à établir, d'une manière saisissante, la supériorité de l'alimentation à la pomme de terre sur l'alimentation à la betterave.

» Si la ration est normale, c'est, au bénéfice de la première, une différence de 0kg,308 dans l'augmentation par tête et par jour du poids vif; si la ration est d'un cinquième plus riche en pommes de terre, cette augmentation s'élève jusqu'à 0kg,520.

» A la suite de cette première période, et désireux de charger les animaux en viande nette et en graisse, désireux d'autre part de vérifier l'aptitude de ceux qui avaient été nourris jusqu'alors à la betterave, pour l'alimentation à la pomme de terre, j'ai réuni huit de ces bœufs en un lot unique, dont tous les sujets ont reçu alors indistinctement une ration de pommes de terre et de foin, additionnée de 2kg de tourteau par jour. Cette deuxième période a été courte, elle n'a duré que vingt-huit jours; troublée par un accident, elle n'en a pas moins montré les huit bœufs gagnant en moyenne, par tête et par jour, pendant deux semaines, 2kg,035 et même 2kg,312 de poids vif. Ce gain devait être le dernier; à partir du 24 février, en effet, et pendant les deux semaines qui ont suivi, l'augmentation est devenue très faible; les animaux étaient à point et l'effet de l'alimentation à la pomme de terre pouvait être considéré comme complet.

» C'est le 10 mars que cette alimentation a pris fin. Pour l'ensemble des deux périodes qu'elle avait embrassées, les résultats auxquels elle a abouti peuvent être résumés à l'aide de quelques chiffres.

» En quatre-vingt quinze jours les bœufs du lot n° 1, nourris à la betterave pendant soixante-sept jours, à la pomme de terre pendant vingt-huit jours, n'ont augmenté en poids vif que de........................ 0kg,956 par tête et par jour.

» En quatre-vingt un jours, les bœufs du lot n° 2 recevant la ration normale de pommes de terre, ont augmenté de.................................... 1kg,331 »

» En quatre-vingt un jours les bœufs du lot n° 3 recevant la grande ration de pommes de terre, ont augmenté de.................................... 1kg,629 »

» C'est à des résultats plus remarquables encore que m'a conduit l'étude de l'introduction de la pomme de terre dans la ration des moutons.

» Les moutons avaient été assortis en quatre lots.

» Le lot n° 1 (10 moutons) a reçu la ration normale de betteraves et de foin précédemment indiquée.

» Le lot n° 2 (10 moutons) a reçu la ration normale de pommes de terre et de foin.

» Le lot n° 3 (10 moutons) a reçu la grande ration de pommes de terre et de foin.

» A ces trois lots, la pomme de terre a été donnée cuite.

» Un quatrième lot enfin (3 moutons seulement) a été mis au régime de la pomme de terre crue; la ration de ce lot comprenait 3^{kg} de pommes de terre et 0^{kg},750 de foin.

» Les résultats ont été les suivants : comparés l'un à l'autre, les lots n° 1 et n° 2 recevant l'un en betteraves, l'autre en pommes de terre, la ration normale, ont, en soixante-dix jours, réalisé les augmentations suivantes de poids vif :

	Poids		Augmentation du poids vif		
	initial.	final.	totale.	par tête et par jour.	en centièmes du poids initial.
	kg	kg	kg	kg	kg
Lot n° 1 (à la betterave)...	380	419,4	39,4	0,056	10,3
Lot n° 2 (à la pomme de terre)	388,4	464,4	76,0	0,109	19,6

L'augmentation, dans le second cas, est double de ce qu'elle est dans le premier.

» Les lots n°s 1 et 3, recevant, l'un 2^{kg}, l'autre 3^{kg} de pommes de terre par jour, ont été mis en parallèle, afin d'établir la mesure dans laquelle une augmentation de la ration féculente peut influencer l'augmentation du poids vif; prolongée pendant cent seize jours, la comparaison entre ces deux modes d'alimentation a fourni les résultats ci-dessous :

	Poids		Augmentation du poids vif		
	initial.	final.	totale.	par tête et par jour.	en centièmes du poids initial.
	kg	kg	kg	kg	kg
Lot n° 2 (ration normale)..	345	464,4	119,3	0,103	34,8
Lot n° 3 (grande ration)...	351,4	507,2	155,8	0,134	44,3

» Ce sont là des résultats singulièrement remarquables; en cent seize jours, des moutons de 35^{kg} ont augmenté de 15^{kg},580 en poids vif : leur poids a augmenté de moitié.

» Quant au quatrième lot recevant de la pomme de terre crue, mis en parallèle avec le lot n° 3, il a permis de reconnaître qu'à cet état la pomme de terre introduite dans la ration fournit des résultats inférieurs à ceux auxquels aboutit l'emploi de la pomme de terre cuite.

» Pour les moutons, par conséquent, comme pour les bœufs, la pomme

de terre donnée à l'état cuit doit être considérée, au point de vue de l'augmentation en poids vif des animaux, comme un fourrage de premier ordre et, en tout cas, tout à fait supérieur à la betterave.

» Mais, à côté de l'augmentation en poids vif des animaux, et pour apprécier la valeur de l'alimentation qu'ils reçoivent, il convient de faire intervenir leur rendement en viande nette et la qualité de cette viande.

» De ce côté, l'emploi de la pomme de terre cuite a donné des résultats inespérés. Le rendement en viande nette pour les bœufs s'est élevé, en moyenne, à 59,17 pour 100.

» Pour le lot n° 2, recevant la ration normale, il a atteint 60,19 pour 100. Le rendement ordinaire des bœufs d'étable ne dépasse pas 53 à 56 pour 100; de ce côté, la supériorité est donc de 3 à 6 pour 100 du poids vif.

» Pour les moutons, le rendement en viande nette s'est élevé à 51 pour 100; il était, à la sortie du troupeau, avant l'alimentation à la pomme de terre, de 41 pour 100; c'est chose rare, d'ailleurs, que de voir le rendement de 50 pour 100 dépassé.

» Quant à la qualité de la viande, elle était absolument supérieure. Toutes les personnes qui ont eu l'occasion de la goûter l'ont trouvée fine et succulente entre toutes.

» Le succès est donc complet au point de vue de l'augmentation en poids vif, du rendement en viande nette et de la qualité.

» Une seule question reste à examiner maintenant : c'est celle du prix auquel ces résultats ont été obtenus.

» Sans prétendre fournir, à ce propos, des données rigoureusement exactes, j'ai tenté cependant, dans mon Mémoire, de présenter au moins un aperçu des dépenses et des recettes, et je suis ainsi arrivé, en chargeant mes dépenses, en allégeant au contraire mes recettes, à reconnaître que, dans les conditions où mes recherches ont été faites, le bénéfice net pouvait être considéré comme s'élevant :

			Par tête.
			fr
Pour les bœufs nourris	à la betterave, à		45,28
	à la pomme de terre	ration normale, à	104,83
		grande ration, à	81,10
Pour les moutons nourris à la pomme de terre		ration normale, à	5,50
		grande ration, à	4,94

» D'où il convient de conclure que, de toutes les rations, c'est la ration normale qui fournit, au point de vue économique, les résultats les plus rémunérateurs.

» Pour les bœufs comme pour les moutons, il est une limite au delà de laquelle l'augmentation de poids vif est payée d'un trop grand prix.

» Des faits qui viennent d'être exposés, il résulte que, dans la pomme de terre riche et à haut rendement, il convient de voir dorénavant un fourrage normal fournissant économiquement des résultats remarquables, au point de vue de la production de la viande. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — Note de M. ARMAND GAUTIER accompagnant la présentation de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : « *La Chimie de la cellule vivante* » [1].

« J'ai écrit avec soin ce petit Ouvrage, où j'expose le mécanisme de la vie de la cellule tel que je le conçois aujourd'hui à la suite d'un travail d'esprit et de recherches de laboratoire qui n'ont pas duré moins de vingt années.

» L'observation que je faisais en 1872 que les microbes anaérobies produisent des alcaloïdes (les *ptomaïnes*) aux dépens des albuminoïdes qu'ils dédoublent, que c'est là une condition tout à fait générale du fonctionnement de ces petits organismes, m'a conduit plus tard à chercher si les cellules des tissus des animaux ne pouvaient pas aussi, dans certains cas, être le siège d'une fonction semblable. La découverte des leucomaïnes est venue répondre affirmativement à cette hypothèse; elle me fit dès lors soupçonner que l'économie animale pouvait être, au moins localement, le siège de phénomènes anaérobies. J'ai donné en 1882 les preuves tirées de considérations d'ordre divers que cette conception, appliquée à l'ensemble de l'être vivant, était bien conforme aux faits. Mais faisant un pas de plus, et qui me paraît important, j'espère avoir démontré dans cet Ouvrage que toutes, ou presque toutes les cellules de l'économie animale sont *à la fois le siège d'un double fonctionnement anaérobie et aérobie*. Dans la profondeur du protoplasma albuminoïde de la cellule se produisent d'une manière continue et régulière des phénomènes d'hydratation et même de réduction, *à l'abri de toute intervention de l'oxygène étranger*. Dans les parties vacuolairse ou périphériques de la cellule, les *produits formés* à l'abri de l'oxygène sont soumis ensuite à l'action de ce gaz, et se brûlent définitivement.

» C'est dans la première phase, ou phase anaérobie, de ces dédoublements du protoplasma cellulaire que se produisent les hydrates de carbone,

---

[1] *Encyclopédie Léauté.*

les sucres, les graisses, les uréides et l'urée elle-même. Cette dernière substance, l'urée, n'est donc pas un produit d'oxydation, directe ou indirecte, des substances protéiques, comme on le croit généralement, mais un produit d'hydratation, ou plutôt de fermentation hydratante de ces substances. C'est seulement aux albuminoïdes, et à l'eau qu'elles fixent, que l'urée emprunte son oxygène.

» Presque toutes les cellules de l'économie fonctionnent sur le même type. Partout les matières albuminoïdes des protoplasmas donnent par hydratation de l'urée ou des uréides, des amides et des corps non azotés; mais, tandis que dans les cellules hépatiques il se dépose du glycogène, dans la plupart des autres cellules, ce dernier corps ne se forme que virtuellement; il est remplacé par un système équivalent, à savoir des graisses et de l'acide carbonique formés simultanément, sans intervention de l'oxygène, par dédoublement fermentatif.

» C'est le Tableau synthétique de ces phénomènes, et les mécanismes par lesquels l'urée, les uréides, les leucomaïnes, les amides, les ferments, le glycogène et les corps gras se produisent corrélativement à la destruction des albuminoïdes, que j'expose dans ce petit Ouvrage. »

M. **Haton de la Goupillière** fait hommage à l'Académie d'une brochure dans laquelle il a envisagé la recherche de la courbe de potentiel minimum.

MÉMOIRES LUS.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur la distribution géographique des* Cyrtandrées. Note de M. E. **Drake del Castillo**.

« On a souvent cherché à caractériser les différentes régions du globe, au point de vue botanique, par la présence d'une espèce ou d'un groupe plus ou moins étendu d'espèces : ainsi, la région intertropicale qui s'étend de l'Hindoustan aux limites orientales de l'Archipel asiatique doit sa physionomie particulière aux *Corypha*, *Borassus*, *Nepenthes*, etc. A côté de ces formes saillantes s'en trouvent d'autres qui le sont moins, mais qui, néanmoins, occupent un rang assez important dans la Botanique systématique. Tel est le cas des Cyrtandrées, tribu intéressante à étudier dans l'immense

flore qui semble avoir son siège principal dans la région indo-malaise.

» Les Cyrtandrées exigent toutes, sauf de rares exceptions, les mêmes conditions climatériques, savoir une température élevée sans être extrême et une grande humidité. Vu la distribution des moyennes de température sur le globe pendant la saison chaude, on peut ranger celles qui dépassent 28°C. parmi les extrêmes et celles qui n'atteignent pas 25° parmi les modérément élevées. D'autre part, on peut considérer comme très humides les régions qui reçoivent une précipitation annuelle de 2^{m} et davantage. Si l'on cherche sur la carte de l'ancien monde, sur quels points ces conditions sont le plus complètement réalisées, on trouvera tout d'abord l'Archipel asiatique. Largement ouvertes aux moussons tropicales, les îles de l'Océan indien reçoivent une quantité d'eau annuelle considérable : environ 2^{m}; leur situation dans la zone équatoriale fait qu'il n'y a guère pour elles, dans tout le cours de l'année, qu'une seule saison pendant laquelle la température est presque uniformément de 25°C. Si l'on s'écarte de l'Archipel asiatique ou de la Polynésie, on retrouvera les mêmes conditions climatériques dans d'autres pays, mais cette fois pendant une partie de l'année seulement et avec cette différence que l'on devra, pour apprécier la température de la saison chaude, l'observer en juillet pour l'hémisphère boréal, et en janvier pour l'hémisphère austral. On peut donc chercher à circonscrire une portion de l'ancien monde, l'Afrique exceptée, au nord de l'équateur par la ligne isotherme de 28° en juillet et au sud par l'isotherme de janvier d'un égal degré. Si l'on combine cette ligne avec celle des fortes précipitations, on obtiendra une aire d'une forme irrégulière dont la limite partira de l'est de la Polynésie, s'avancera vers le nord-ouest jusqu'à l'Asie, en passant au nord de l'Archipel malais, renfermera une partie de la Chine orientale, puis sera un peu refoulée au sud-est par les montagnes du Thibet, fera une pointe le long de l'Himalaya dans les régions arrosées par les tributaires de la rive gauche du Gange, reviendra sur ses pas jusque vers l'embouchure du grand fleuve indien, descendra en laissant à l'ouest la péninsule hindoue jusqu'à l'île de Ceylan qu'elle renfermera, de là remontera vers le nord détacher une étroite bande de terre sur la partie occidentale de l'Hindoustan jusque vers Bombay, retournera alors vers l'Archipel asiatique, passera au sud de Sumatra, de Java et de la Nouvelle-Guinée, échancrera la portion orientale de l'Australie, et reviendra à son point de départ en passant au sud de la Nouvelle-Calédonie et de la Polynésie. La vaste région que l'on aura ainsi limitée correspond à peu près à

l'aire de diffusion de la presque totalité des Cyrtandrées. Il n'y a en dehors d'elle qu'une espèce à la Nouvelle-Zélande, les quatre *Ramondia* européens (y compris l'*Haberlea*), un petit nombre d'espèces remontant jusque dans la Chine septentrionale, et un *Conandron* au Japon.

» Les espèces sont inégalement réparties dans les divers pays que cette région comprend. Les îles de l'Archipel indien sont les plus riches (de 46 à 47 pour 100 environ de la totalité des espèces de l'ancien monde); l'Inde transgangétique en compte de 18 à 19, la Polynésie environ 17, l'Inde cisgangétique de 13 à 14, la Chine de 10 à 11, la Nouvelle-Calédonie 12 et l'Australie 1. Les îles de l'Archipel asiatique peuvent donc être considérées comme le point central de répartition des Cyrtandrées : presque tous les types de sous-tribu y sont représentés : genres à fruit sec et déhiscent, ou à fruit charnu et indéhiscent, à graines munies d'une aigrette ou à graines nues. Le genre le plus considérable par le nombre d'espèces, sinon celui qui par ses caractères représente le type de la majorité des genres de la tribu, quoiqu'il lui ait donné son nom, le genre *Cyrtandra*, partage presque exclusivement les espèces dont il se compose entre les îles de l'Archipel asiatique et la Polynésie : cette dernière contrée n'en possède pas d'autres. Parmi les grandes îles de l'Archipel asiatique, Bornéo est la plus riche en *Cyrtandra;* viennent ensuite Sumatra et Java. Dans l'Inde transgangétique la région la plus riche est l'Assam. Vu l'état actuel de nos connaissances, les diverses autres parties de l'Indo-Chine semblent devoir être également pourvues de Cyrtandrées, car le chiffre des espèces qu'on en possède est à peu près en proportion de l'importance des matériaux que les explorateurs en ont rapportés. C'est ainsi que l'Inde transgangétique anglaise semble plus riche que l'Annam et le Tonkin, parce que ces derniers pays ont été peu explorés; et l'on peut cependant citer la collection de Balansa, laquelle donne une idée assez exacte de la végétation du Tonkin méridional, et qui sur 2000 espèces à peine comprend près de 20 Cyrtandrées. Dans l'Inde cisgangétique les régions les plus riches sont le Sikkim et le Népaul; Ceylan et les monts Nilgherries occupent un rang secondaire. On remarquera avec intérêt que la richesse en Cyrtandrées diminue, lorsque du système orographique du bassin de l'Irraouaddy, et des affluents de la rive gauche du Brahma-Poutra, on passe dans celui du bassin du Gange.

» L'Afrique ne compte qu'un petit nombre de Cyrtandrées (de 4 à 5 pour 100 du chiffre total des espèces de l'ancien monde); mais, là encore, on retrouve les espèces de cette tribu partout où sont réalisées les condi-

tions climatériques indiquées plus haut. Des remarques analogues pourraient être faites sur le continent américain.

» Quant aux Cyrtandrées européennes, il est assez curieux que, pour les retrouver, on soit obligé de faire un énorme saut de l'Inde aux Balkans et de là dans les Pyrénées. Ce phénomène de disjonction prouverait-il que les *Ramondia* sont des restes d'une antique flore existant à une époque à laquelle nos climats étaient plus chauds et plus humides?

» En général, l'habitation de chaque espèce de Cyrtandrées est assez restreinte et, sauf de rares exceptions, l'aire la plus vaste qu'une espèce puisse couvrir s'étend à peine plus loin que du Népaul à l'Assam inclusivement, ou de la péninsule de Malacca à l'extrémité de Java. Les espèces sont très voisines les unes des autres.

» En résumé, l'étude de la distribution des Cyrtandrées prouve deux faits d'ordre différent : 1° cette tribu comprend des espèces qui, presque universellement, recherchent des conditions climatériques uniformes; 2° elle peut être prise avec assez de vérité comme type pour étudier dans quelle limite s'étend le domaine de la flore indo-malaise. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. Sappin-Trouffy soumet au jugement de l'Académie un Mémoire « Sur les Urédinées ».

(Commissaires : MM. Duchartre, Van Tieghem.)

M. Ch. Degagny adresse une Note intitulée : « Sur la formation de la plaque nucléaire et l'orientation des fils du fuseau chez les végétaux ».

(Commissaires : MM. Duchartre, Van Tieghem, Bornet.)

M. Cote adresse la description d'un moteur « applicable à l'industrie, à l'Agriculture et à la locomotion ».

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui adresser une liste de deux candidats pour la chaire d'Anatomie comparée, laissée vacante au Muséum d'Histoire naturelle par le décès de M. *Pouchet*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration algébrique des équations différentielles linéaires.* Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Picard.

« Les résultats publiés par M. Vernier, dans les *Comptes rendus* du 11 juin « Sur les équations linéaires du second ordre », sont des théorèmes bien connus de M. F. Klein. La méthode par laquelle M. Vernier a retrouvé ces résultats n'est que l'application aux équations du second ordre (à coefficients rationnels) de la méthode que j'ai indiquée pour une équation linéaire d'ordre quelconque, à coefficients algébriques (voir les *Comptes rendus*, juin, juillet 1887 et février 1888).

» Les propositions que j'ai obtenues se résument ainsi : soit une équation différentielle linéaire d'ordre q *à coefficients algébriques*,

$$(1) \qquad \frac{d^q y}{dx^q} + A_{q-1}\frac{d^{q-1} y}{dx^{q-1}} + \ldots + A_1 \frac{dy}{dx} + A_0 y = 0,$$

dont les coefficients A sont exprimés rationnellement en fonction des variables x et X liées par la relation algébrique $G(x, X) = 0$. Soit, en outre, $z = \frac{y'}{y}$; la fonction z vérifie une équation différentielle d'ordre $(q-1)$ facile à former. Ceci posé, *quand l'intégrale générale de* (1) *est algébrique :*

» 1° q intégrales distinctes $y(x)$ satisfont à une relation de la forme

$$(2) \qquad y^{nN} + \alpha_1 y^{n(N-1)} + \ldots + \alpha_{N-1} y^n + \alpha_N = 0,$$

où les α sont rationnels en x et X; N appartient à un certain système d'entiers bien définis pour chaque valeur de q et inférieurs dans tous les cas à

une certaine limite $\varphi(q)$ donnée explicitement par M. Jordan; l'entier n, pour certaines valeurs de N, peut dépasser toute limite [1];

» 2° q intégrales z de l'équation en z sont des fonctions algébriques du point analytique (x, X) à N déterminations.

» J'ai, d'autre part (*loc. cit.*), indiqué un procédé pour calculer toutes les intégrales *algébriques* d'une équation en z qui ne prennent qu'un nombre *connu* de valeurs. D'où cette conclusion :

» *Étant donnée une équation* (1), *on peut toujours* (*à l'aide d'un nombre fini d'opérations algébriques*) *reconnaître si son intégrale est algébrique ou ramener l'équation à une quadrature*

$$\frac{y'}{y} = B(x, X),$$

B désignant une fonction algébrique à N valeurs de (x, X); le problème revient alors à reconnaître si la différentielle $B(x, X)\,dx$ s'intègre par un seul logarithme. Ce dernier cas correspond aux valeurs de N pour lesquelles n peut dépasser toute limite.

» Pour $q = 2$, 3 ou 4, les travaux de MM. Schwarz, F. Klein et Jordan, font connaître explicitement toutes les valeurs de N et de n. Quand l'équation (1) est du second ordre et a ses coefficients rationnels, les résultats précédents coïncident avec ceux de M. F. Klein et la méthode avec celle de M. Vernier.

» La même méthode permet de *former toutes les équations du second ordre, ou du troisième, etc., dont les coefficients sont rationnels, ou à deux valeurs, etc., qui s'intègrent algébriquement.* J'ai indiqué d'ailleurs, pour résoudre cette dernière question, une méthode plus élégante où interviennent certains invariants, et qui généralise la méthode de F. Klein relative au second ordre (voir les *Comptes rendus,* mai, juin 1887). Mais *pour reconnaître si une équation donnée s'intègre algébriquement,* la première méthode est la plus brève de toutes : c'est, je crois, la première solution qu'on ait donnée du problème quand l'ordre q surpasse 2 et (q étant égal à 2) quand les coefficients sont algébriques.

» Les considérations précédentes s'étendent à la recherche des intégrales algébriques *particulières*. Admettons, en effet, que l'équation (1) possède seulement r intégrales algébriques distinctes $(r < q)$, soit

---

[1] Les groupes linéaires correspondants sont les analogues du groupe cyclique et du groupe du dièdre qu'on rencontre pour $q = 2$.

$y = c_1 y_1 + \ldots + c_r y_r$. Parmi ces intégrales, il en existe r qui vérifient une équation de la forme (2) où N est inférieur à $\varphi(r)$. D'où ce théorème :

» *On peut toujours calculer algébriquement toutes les intégrales algébriques d'une équation* (1) *ou ramener le problème à reconnaître si une certaine différentielle algébrique s'intègre par un seul logarithme.*

» L'énoncé subsiste si l'on assujettit seulement les intégrales à la condition que leur dérivée logarithmique soit algébrique.

» Au lieu d'une équation linéaire, considérons plus généralement *une équation d'ordre q*,

$$(3) \qquad y^{(q)} = F[y^{(q-1)}, \ldots, y', y, x],$$

dont l'intégrale générale est une fonction algébrique CONNUE *des q constantes* (les coefficients dépendant de x d'une manière quelconque) :

$$y = f[a_1, a_2, \ldots, a_q, (x)].$$

En s'aidant de résultats plus récents que j'ai publiés sur les équations différentielles (voir les *Comptes rendus,* janvier-février 1893), on arrive à la conclusion suivante :

» *On peut toujours algébriquement calculer toutes les intégrales algébriques de* (3) *ou ramener leur détermination à des quadratures.*

» (Les *périodes* de ces quadratures sont alors assujetties à certaines conditions pour que les intégrales correspondantes soient algébriques.)

» A une équation (3), il est loisible de substituer un système différentiel quelconque ou un système complet, pourvu que l'intégrale générale soit toujours une fonction algébrique *connue* des constantes. On peut même embrasser des équations plus générales encore, telles que *celles qui se ramènent à une équation* (3) *en changeant* y *en* $f(y)$, f *étant quelconque ;* le type de ces dernières équations est l'équation de Kummer étudiée spécialement par M. Goursat.

» Enfin les considérations précédentes s'étendent en partie aux intégrales $y_1(x)$ *non algébriques mais qui n'admettent qu'un nombre fini* (*non donné*) *de valeurs*. Quand une équation (1) admet r intégrales distinctes de cette nature, r de ces intégrales vérifient une relation de la forme (2), où N est inférieur à $\varphi(x)$ et où les α sont *uniformes* en (x, X) ; une proposition analogue s'applique aux équations (3), par exemple à l'équation de Riccati.

» La recherche des intégrales $y_1(x)$ se ramène *algébriquement* à recon-

naître si une certaine équation admet des intégrales particulières *uniformes* en (x, X), problème qu'on sait résoudre dans certains cas. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles, linéaires et à caractéristiques réelles.* Note de M. **Delassus**, présentée par M. Picard.

« 1. Soient a et b deux séries en $x-x_0$, $y-y_0$ et A et B deux séries en ξ et η telles que les coefficients des deux dernières soient supérieurs, l'égalité étant exclue, aux modules des coefficients correspondants des deux premières.

» Considérons les deux équations

$$\frac{\partial z}{\partial y} = a\frac{\partial z}{\partial x} + b, \qquad \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} = \mathrm{A}\frac{\partial \zeta}{\partial \xi} + \mathrm{B},$$

et les caractéristiques

$$\frac{dx}{dy} = -a, \qquad \frac{d\xi}{\partial \eta} = -\mathrm{A},$$

respectivement issues de $m_0(x=x_0, y=y_0)$ et de $\mathrm{M}_0(\xi=0, \eta=0)$, et intégrons la première équation en nous donnant $z=f(x)$ pour $y=y_0$, $f(x)$ étant développable en x_0 et la seconde en se donnant $\zeta=\mathrm{F}(\xi)$ pour $\eta=0$, $\mathrm{F}(\xi)$ étant développable en $\xi=0$ et majorante pour $f(x)$. Nous aurons facilement :

» Lemme. — *Il est possible de trouver des segments l et L sur les deux caractéristiques, se correspondant point par point par la formule $y=y_0+\eta$ et tels que :*

» 1° *En tout point* M *de* L *les fonctions* A *et* B *sont encore majorantes pour a et b au point correspondant m de l;*

» 2° *La fonction z est développable en tout point de l, la fonction ζ est développable en tout point de* L *quelle que soit la fonction $f(x)$;*

» 3° *Quelle que soit $f(x)$, en tout point* M, *la série ζ est majorante pour la série z en m.*

» 2. On remarque que l'opération $\dfrac{\partial}{\partial y} - \lambda\dfrac{\partial}{\partial x}$ effectuée sur une équation linéaire introduit les caractéristiques $\dfrac{dx}{dy} = -\lambda$. D'où suit que si une équation a toutes les racines de son équation caractéristiques réelles

$(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n)$, on peut former *a priori* des équations intégrables immédiatement et les possédant. Nous considérerons

$$\left(\frac{\partial}{\partial y} - \lambda_n \frac{\partial}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial}{\partial y} - \lambda_{n-1} \frac{\partial}{\partial x}\right)\cdots\left(\frac{\partial}{\partial y} - \lambda_2 \frac{\partial}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial}{\partial y} - \lambda_1 \frac{\partial}{\partial x}\right) Z = \theta(xy)$$

équivalente au système

$$\frac{\partial z}{\partial y} = \lambda_1 \frac{\partial z}{\partial x} + \varphi_1, \qquad \frac{\partial \varphi_1}{\partial y} = \lambda_2 \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} + \varphi_2 \ldots, \qquad \frac{\partial \varphi_{n-1}}{\partial y} = \lambda_n \frac{\partial \varphi_{n-1}}{\partial x} + \theta(xy),$$

qu'on intègre de proche en proche en se donnant les valeurs initiales de $\varphi_{n-1}, \varphi_{n-2}, \ldots, \varphi_1 z_1$.

» Soit $f(z) = \theta(xy)$ une telle équation. On lui étend le lemme primitif sans grandes modifications.

» Une équation à caractéristiques réelles pourra toujours se mettre sous la forme

$$f(z) = \mathrm{U}(z),$$

z ne contenant que des dérivées partielles jusqu'à l'ordre $n - 1$.

» On l'intègre par approximations successives, et l'application du lemme conduit à un système de comparaison qui, par un changement de variables, se ramène aux équations déjà considérées dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 30 avril). Il en résulte immédiatement :

» *Dans une région où tous les* λ *et les coefficients de* u *sont analytiques, prenons un segment* S $(y = y_0)$; *il existe une région* φ *entourant* S *et telle que toute intégrale déterminée par des conditions initiales analytiques sur tout* S *soit analytique dans tout* φ.

» On étend immédiatement la même propriété à un arc de courbe dont la tangente en aucun point n'est une caractéristique. Il en résulte, comme dans la Note déjà citée, le résultat suivant :

» *Dans la région où l'équation caractéristique a toutes ses racines réelles, les intégrales analytiques ne peuvent présenter que trois sortes de lignes singulières essentielles :*

» 1° *Les lignes singulières essentielles des coefficients ;*

» 2° *Les lignes le long desquelles deux racines distinctes de l'équation caractéristique viennent se confondre;*

» 3° *Des caractéristiques.*

» La démonstration donnée fournit encore le résultat suivant :

» *Le contour du domaine dans lequel une intégrale est analytique ne*

peut présenter de points anguleux tournant leur point vers l'intérieur, à moins qu'ils n'appartiennent aux lignes singulières fixes.

» Appliquons aux équations

$$f(z) = u(z),$$

les λ étant des constantes ayant m valeurs distinctes et les coefficients de u étant analytiques dans tout le plan. Désignons de telles équations par $\theta(z) = 0$.

» Nous obtiendrons immédiatement :

» *Le domaine dans lequel une intégrale quelconque de* $\theta(z) = 0$ *est analytique est l'aire d'un polygone convexe ayant au plus* $2m$ *côtés, qui sont parallèles aux* $2m$ *directions caractéristiques distinctes.*

» Soient A et B deux points quelconques, AB n'étant pas une caractéristique. Il y a un parallélogramme p limité par des caractéristiques issues de A et B, qui est à l'intérieur de tous les polygones que nous venons de considérer et qui contiendraient A et B. En outre, tout arc analytique régulier allant de A en B et n'ayant aucune tangente caractéristique sera à l'intérieur de ce parallélogramme.

» *A tout groupe de deux points* A *et* B *est attaché un parallélogramme* p. *Quel que soit l'arc analytique régulier* Γ *allant de* A *en* B *et n'ayant aucune tangente caractéristique, et quelles que soient les fonctions initiales analytiques sur tout* Γ, *l'intégrale correspondante de l'équation* $\theta(z) = 0$ *est analytique dans tout* p.

Et plus particulièrement :

» *Soit une droite* Δ *non caractéristique, toute intégrale de* $\theta(z)$ *définie par des conditions initiales analytiques tout le long de* Δ *est analytique dans tout le plan,*

car p vient recouvrir entièrement le plan. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de polynomes décomposables en* facteurs linéaires. Extrait d'une Lettre de M. **Moutard** à M. Appell.

« Soit Δ un symbole d'opération, linéaire par rapport aux dérivées partielles d'une fonction de p variables, dans lequel le multiplicateur de chaque dérivée est une forme d'un degré égal à l'ordre de la dérivée. Le problème qui a pour objet de trouver une forme d'un degré donné, qui soumise à

l'opération Δ se reproduise à un facteur constant près, en d'autres termes qui vérifie l'équation $\Delta(u) - su = 0$ (où s est une constante inconnue), est en *général* un problème déterminé. L'étude élémentaire du résultat de la substitution d'une forme de degré m, à coefficients indéterminés, dans $\Delta(u) - su$ conduit, en effet, à reconnaître que la solution du problème dépend d'une équation $F(s) = 0$, dont le degré par rapport à s est nécessairement égal au nombre des termes d'une forme de degré m à p variables, et dont il est d'ailleurs facile d'assigner le degré par rapport aux divers coefficients de Δ.

» A toute racine simple de l'équation $F(s) = 0$, et plus généralement à toute valeur de s, qui n'annulerait pas en même temps que $F(s)$ les dérivées premières de $F(s)$ par rapport à tous les coefficients de $\Delta(u) - su$ correspond *nécessairement* une forme unique, abstraction faite d'un facteur constant arbitraire.

» Ces remarques permettraient de former des équations de conditions auxquelles doivent satisfaire les coefficients de Δ, pour que la proposition générale puisse tomber en défaut, mais elles ne sont pas indispensables pour ce qui va suivre.

» Considérons en particulier le symbole

$$\Theta = (a_1 x_1 + \ldots + a_p x_p)\left(x_1 \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \ldots + x_p \frac{\partial^2}{\partial x_p^2} + h_1 \frac{\partial}{\partial x_1} + \ldots + h_p \frac{\partial}{\partial x_p}\right) + k\left(a_1 x_1 \frac{\partial}{\partial x_1} + \ldots + a_p x_p \frac{\partial}{\partial x_p}\right);$$

où les a, les h et k sont des constantes, et $x_1, \ldots, x_p$ les variables. Une épreuve directe permet de reconnaître que la forme particulière du symbole ne rentre pas en général dans les cas d'exception, et même que *l'équation* $F(s) = 0$ *correspondante est en général irréductible.*

» Cela posé, *le symbole* Θ *jouit de cette propriété singulière que les formes qui lui sont associées* $\left(\text{c'est-à-dire celles pour lesquelles } \frac{\Theta(u)}{u} \text{ est une constante}\right)$ *sont, en général, décomposables en facteurs linéaires.* Pour le démontrer, il suffirait, après ce qui précède, de montrer que l'on peut en général, malgré la surabondance des conditions, trouver des formes de degré m, *décomposables en facteurs linéaires,* associées au symbole Θ ; mais, pour éviter les obscurités qui pourraient résulter de ce que les équations d'exception ne sont pas données explicitement, on peut montrer en outre que le nombre des solutions du nouveau problème est le même, en général, que celui du problème primitif.

» Posons en général

$$u_i = \frac{a_1 x_1}{1 + a_1\lambda_i} + \ldots + \frac{a_p x_p}{1 + a_p\lambda_i};$$

et proposons-nous de rechercher m valeurs $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_m$ par la condition que si l'on pose $u = u_1, u_2, \ldots, u_m$, $\frac{\Theta(u)}{u}$ soit une constante s.

» La substitution directe dans $\frac{1}{u}\left(x_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \ldots + x_p \frac{\partial^2 u}{\partial x_p^2}\right)$ donne

$$2\sum_i \sum_j \left\{\left[\frac{a_1^2 x_1}{(1+a_1\lambda_i)(1+a_1\lambda_j)} + \ldots + \frac{a_p^2 x_p}{(1+a_p\lambda_i)(1+a_p\lambda_j)}\right]\frac{1}{a_i a_j}\right\}(j \neq i),$$

et en remarquant que

$$\frac{a_1^2 x_1}{(1+a_1\lambda_i)(1+a_1\lambda_j)} + \ldots = \frac{1}{\lambda_i - \lambda_j}(u_j - u_i),$$

ce résultat devient

$$2\sum_i \frac{1}{u_i}\sum_j \frac{1}{\lambda_i - \lambda_j} \qquad (j \neq i);$$

de même, en appelant u_0 le facteur $a_1 x_1 + \ldots$, on trouve

$$\frac{1}{u}\left(a_1 x_1 \frac{\partial u}{\partial x_1} + \ldots\right) = \sum_i \frac{1}{\lambda_i}\left(\frac{u_0}{u_i} - 1\right);$$

enfin

$$\frac{1}{u}\left(h_1 \frac{\partial u}{\partial x_1} + \ldots\right) = \sum \frac{1}{u}\left(\frac{a_1 h_1}{1 + a_1\lambda_i} + \ldots\right);$$

il vient donc finalement

$$\frac{\Theta(u)}{u} = u_0 \sum_i \frac{1}{u_i}\left(2\sum_j \frac{1}{\lambda_i - \lambda_j} + \frac{a_1 h_1}{1 + a_1\lambda_i} + \ldots + \frac{k}{\lambda_i}\right) - k\sum \frac{1}{\lambda}.$$

» Il suffira donc pour résoudre le problème de choisir $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_m$ de manière à vérifier les m équations

$$(i = 1.2\ldots m) \qquad 2\sum_j \frac{1}{\lambda_i - \lambda_j} + \frac{k}{\lambda_i} + \frac{a_1 h_1}{1 + a_1\lambda_i} + \ldots + \frac{a_p h_p}{1 + a_p\lambda_i} = 0,$$

et chaque système distinct de valeurs des λ donnera une valeur correspondante pour $s = -k\sum_i \frac{1}{\lambda_i}$.

» L'étude directe des m équations conduit, sans grande difficulté, à reconnaître que le nombre des solutions distinctes est égal en général à

$\frac{m+p-1!}{m!\,p-1!}$, c'est-à-dire au nombre des solutions du premier problème. On pourrait arriver au même résultat en remarquant que, si l'on pose

$$f(\lambda) = (\lambda - \lambda_1)(\lambda - \lambda_2)\ldots(\lambda - \lambda_m),$$
$$P(\lambda) = \lambda(1 + a_1\lambda)\ldots(1 + a_p\lambda),$$
$$\frac{Q(\lambda)}{P(\lambda)} = \frac{k}{\lambda} + \frac{a_1 h_1}{1 + a_1\lambda} + \ldots + \frac{a_p h_p}{1 + a_p\lambda},$$

la résolution des équations revient à la recherche d'un polynome $f(\lambda)$ par la condition que $\frac{f''(\lambda)}{f'(\lambda)} \neq \frac{Q(\lambda)}{P(\lambda)}$ s'annule pour toutes les valeurs de λ qui annulent $f(\lambda)$, en d'autres termes, que $Pf'' + Qf'$ soit divisible par f.

» Si, dans ce qui précède, on remplace le symbole θ par le symbole plus général

$$(a_0 + a_1 x_1 + \ldots)\left(x_1 \frac{c'^2}{c' x_1^2} + \ldots + h_1 \frac{c'}{c' x_1} + \ldots\right) + k\left(a_1 x_1 \frac{c'}{c' x_1} + \ldots\right),$$

où $a_0 \neq 0$, et qu'on remplace partout le mot *forme*, par l'expression *polynome entier et rationnel*, on arrive aux mêmes conclusions.

» Il suffit de remplacer dans notre analyse, u_i par

$$a_0 + \frac{a_1 x_1}{1 + a_1 \lambda_i} + \ldots.$$

» Parmi les corollaires de la proposition relative au symbole θ, je crois intéressant de citer le suivant :

» *Les formes harmoniques qui admettent un diviseur quadratique sont* en général *décomposables en un produit de facteurs quadratiques et de facteurs linéaires homofocaux*. Les exceptions ne peuvent se produire que lorsque les invariants orthogonaux du diviseur quadratique en question satisfont à certaines conditions spéciales. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie*. Note de M. **J.-B. de Mas**, présentée par M. Sarrau.

« Dans deux Notes précédentes (*Comptes rendus*, 23 mai 1892 et 3 juillet 1893), nous avons donné un aperçu des expériences faites en 1890,

1891 et 1892 à l'amont du barrage de Port-à-l'Anglais, dans une partie de la Seine qui peut être assimilée à une eau indéfinie, avec des bateaux susceptibles de naviguer alternativement sur les rivières et les canaux. Nous en avons conclu qu'en donnant aux deux extrémités une forme de *cuiller*, on obtiendrait, sans dépasser la longueur de $38^m,50$ à la ligne de flottaison, ni la largeur de 5^m au maître couple, des bateaux *dont le coefficient de déplacement resterait compris entre* 0,95 *et* 0,90 *et dont la traction sur les rivières ne demanderait qu'un effort égal à* 0,25 *environ de celui qu'exigent les péniches*. L'objet de la présente Note est de rendre compte des expériences faites en 1893 sur le canal de Bourgogne pour reconnaître si la forme ci-dessus indiquée présente aussi des avantages en canal.

» La portion considérée du canal de Bourgogne a une section mouillée moyenne de $29^{mq},53$ correspondant aux dimensions moyennes ci-après : largeur au plan d'eau $18^m,70$, largeur au plafond $8^m,30$, mouillage $2^m,19$.

» Les expériences ont porté sur neuf bateaux appartenant aux cinq types précédemment définis (*Comptes rendus,* 3 juillet 1893), savoir : une péniche, quatre flûtes, deux toues, un margotat et un bateau prussien. Tous ces bateaux étaient en bois et parfaitement comparables au point de vue de l'état de la surface.

» *Influence de la longueur.* — Sur le canal, comme en rivière, la *résistance totale* d'un même type est indépendante de la longueur, du moins dans les limites et dans les conditions où ont été faites nos expériences. Voici, par exemple, les résultats obtenus à l'enfoncement de $1^m,30$, d'une part, avec deux toues; d'autre part, avec trois flûtes, ayant les unes et les autres même largeur ($5^m,02$), ne différant que par la longueur.

Désignation des bateaux.	Longueur de la partie immergée des coques.	Résistances aux vitesses successives de				
		$0^m,25$.	$0^m,50$.	$0^m,75$.	$1^m,00$.	$1^m,25$.
	m	kg	kg	kg	kg	kg
Toue *Gambetta*	37,78	22	68	150	272	469
Toue *Célestin*	29,85	22	68	150	272	469
Flûte *Avant-garde*	37,70	22	70	156	284	491
Flûte *Jeanne*.............	30,00	22	70	155	282	487
Flûte *Petite-Jeanne*.......	24,50	21	66	146	263	451

» A la vérité, les résistances de la *Petite-Jeanne* sont un peu inférieures à celles de l'*Avant-garde* et de la *Jeanne,* mais cela peut très bien s'expliquer par ce fait que la première flûte avait l'arrière un peu plus effilé que les deux autres.

» *Influence des formes.* — Elle ressort très nettement du Tableau ci-dessus, où nous avons réuni les résultats obtenus avec un bateau de chaque type, à l'enfoncement commun de $1^m,30$. Tous avaient sensiblement la même largeur; il résulte d'ailleurs de ce qui précède que leurs résistances n'auraient pas changé, s'ils avaient été ramenés à une longueur uniforme, celle de la péniche, par exemple ($38^m,25$).

Désignation des bateaux.	Résistances aux vitesses successives de $0^m,25$.	$0^m,50$.	$0^m,75$.	$1^m,00$.	$1^m,25$.
	kg	kg	kg	kg	kg
Péniche	33	114	256	469	807
Flûte	22	70	156	284	491
Toue	22	68	150	272	469
Margotat	17	53	112	197	335
Bateau prussien	17	54	119	215	370

» A ne considérer que les chiffres du Tableau, c'est le margotat qui devrait avoir la préférence, mais pour la navigation sur les canaux ce type présente un vice rédhibitoire. Si l'on veut qu'il puisse à la fois passer par les écluses de $38^m,50$ de longueur et prendre l'enfoncement légal de $1^m,80$, son déplacement, par conséquent son tonnage utile, se réduit dans une forte proportion.

» L'avantage reste donc au bateau prussien et nous sommes fondé à penser qu'en donnant aux extrémités des bateaux la forme de *cuiller,* on obtiendrait des résultats satisfaisants sur toutes les parties du réseau de nos voies navigables.

» Sur les canaux où la traction animale est encore généralement employée, l'adoption des formes de moindre résistance permettrait d'augmenter la vitesse sans accroître le travail des chevaux de halage. Sur le canal de Bourgogne, une *courbe* (une paire de chevaux), halant avec la vitesse de $0^m,75$ une flûte à l'enfoncement de $1^m,30$, produit un travail de 117^{kgm}. En supposant que le travail des chevaux reste constant pour de faibles variations de la vitesse, la vitesse qu'on pourrait obtenir à l'enfoncement de $1^m,30$ avec une courbe serait :

Pour la péniche	$0^m,64$	à la seconde
Pour la flûte	0,75	»
Pour la toue	0,76	»
Pour le bateau prussien	0,83	»

l'adoption des formes de moindre résistance permettrait donc de réaliser, par rapport à la péniche, une augmentation de vitesse d'environ 30 *pour* 100.

» *Comparaison de la résistance en canal avec la résistance en rivière.* — Lorsque le bateau passe de la rivière en canal, la résistance augmente considérablement. Si l'on désigne par

Ω la section mouillée du canal;
ω la section immergée du bateau au maître couple;
R la résistance totale à la traction, en canal;

r la résistance totale à la traction, en rivière;

$\frac{R}{r}$ est le rapport de ces deux résistances correspondant au rapport $\frac{\Omega}{\omega}$ des sections, ce qu'on peut appeler le *coefficient de résistance de la voie* considérée.

» Le Tableau ci-dessous donne le coefficient de résistance du canal de Bourgogne pour divers bateaux à différents enfoncements et aux deux vitesses de $0^m,50$ et $1^m,00$ par seconde :

Enfoncements et désignation des bateaux.	Ω.	ω.	$\frac{\Omega}{\omega}$.	A la vitesse de $0^m,50$. R.	r.	$\frac{R}{r}$.	A la vitesse de 1^m. R.	r.	$\frac{R}{r}$.
Enfoncement de $1^m,60$.	mq	mq		k	k		k	k	
Péniche	29,53	8,05	3,67	172	102	1,69	860	301	2,86
Flûte	29,53	8,03	3,68	112	54	2,07	481	162	2,97
Toue	29,53	8,03	3,68	109	44	2,48	463	126	3,67
Enfoncement de $1^m,30$.									
Flûte	29,53	6,53	4,52	70	44	1,59	284	143	1,99
Bateau prussien	29,53	6,38	4,62	54	22	2,45	215	80	2,69
Margolat	29,53	6,50	4,54	53	21	2,52	197	67	2,94
Enfoncement de $1^m,00$.									
Flûte	29,53	5,02	5,88	48	39	1,23	191	129	1,48

» Ce Tableau met en évidence un fait intéressant :

» *Pour une même valeur du rapport* $\frac{\Omega}{\omega}$, *le coefficient de résistance de la voie est d'autant plus grand que la résistance en rivière était moindre. Le bénéfice des formes est moins important en canal qu'en rivière.* »

PHYSIQUE. — *Sur l'élasticité de torsion d'un fil oscillant.* Note de MM. **G. Berson** et **H. Bouasse**, présentée par M. Mascart.

« Les multiples recherches expérimentales effectuées jusqu'ici sur l'élasticité de torsion des fils ont eu pour but l'étude des lois de la torsion à l'état statique : l'une des extrémités du fil ou de la barre employée est maintenue fixe, l'autre est tordue par un couple connu qui agit progressivement de façon à produire la torsion avec une vitesse angulaire aussi petite que possible. Nous nous sommes proposé d'étudier le mouvement oscillatoire d'un fil de platine, recuit au rouge, lancé *brusquement* de sa position d'équilibre.

» Nous déterminons la forme cinétique de l'impulsion en photographiant à des instants connus une quinzaine de positions du fil pendant la durée d'action de la force de lancement (environ une seconde); nous photographions de même de dix à quinze autres positions du fil pendant une fraction de la seconde suivante.

» Nous prenons ensuite de 50 à 100 épreuves photographiques pendant les premières oscillations, à des moments équidistants déterminés. Ces temps, ainsi que les précédents, sont inscrits sur la bande de papier d'un chronographe électromagnétique. Nous enregistrons sur le même appareil chronographique les instants des passages au zéro initial.

» Enfin, nous lisons les positions extrêmes du fil pendant un grand nombre d'oscillations, ce qui nous donne les élongations par le rapport au zéro initial et les amplitudes.

» Le premier résultat général de nos expériences a été l'apparition évidente d'un déplacement permanent du zéro. Ce déplacement s'effectue dans le sens de l'impulsion initiale. Pour un fil de nature donnée, il croît :

» 1° Avec le diamètre du fil; le phénomène, très peu marqué pour des fils de $0^{cm},01$ de diamètre, acquiert une valeur qui a dépassé 35° pour un diamètre de $0^{cm},015$.

» 2° Avec l'accélération maxima pendant la durée de l'action impulsive, c'est-à-dire qu'à des élongations initiales égales correspondent des déplacements de zéro d'autant plus grands que la durée de l'impulsion est plus courte.

» L'expérience prouve d'autre part que, si un fil *recuit* a été lancé une première fois en subissant un certain déplacement du zéro, et si, après l'extinction des oscillations, on lui imprime une nouvelle impulsion égale à la première et dans le même sens, il se produit un nouveau déplacement du zéro dans le même sens, mais beaucoup plus petit que le premier; il en sera de même pour une troisième, une quatrième, ... impulsion, les déplacements du zéro diminuant graduellement et rapidement.

» Lorsque, après une première série d'oscillations, la nouvelle impulsion est de sens contraire à la première, il se produit un déplacement du zéro dans le sens de cette nouvelle impulsion, mais notablement plus faible que le premier, de sorte que le zéro, après cette deuxième série d'oscillations, est loin d'être revenu à sa position initiale.

» Cette déformation permanente du fil, se manifestant pour des torsions très petites par rapport à celle qui correspond à la limite d'élasticité statique, est corrélative d'une perte d'énergie considérable pendant

la première oscillation, l'énergie du fil tendant, en oscillant, vers une certaine valeur asymptotique. »

PHYSIQUE. — *Sur les radiations calorifiques comprises dans la partie lumineuse du spectre.* Note de M. AYMONNET.

« L'existence des maxima périodiques des spectres calorifiques fait supposer :

» 1° Que les corps transparents sont inégalement diathermanes pour les radiations comprises entre le rouge et le violet;

» 2° Que l'œil ne perçoit pas tous les rayonnements de la partie lumineuse du spectre.

» Dans cette Note, je vais exposer les expériences caractéristiques et faciles à répéter que j'ai exécutées pour résoudre la première question; et si l'Académie le permet, j'indiquerai dans une Note ultérieure les résultats expérimentaux relatifs à la seconde.

» Le système spectroscopique employé est matériellement hétérogène; il se compose : de deux grandes lentilles de crown L_1, L_2 de 15^{cm} de foyer (L_1 est à 15^{cm} de la source, L_2 à 15^{cm} de la fente du spectroscope); d'une lentille achromatique L_3 de 22^{cm} de foyer servant de collimateur; d'un prisme de flint, $A = 60°$, $n_D = 1,6264$, placé au minimum de déviation pour la raie D et ayant sa face opposée à l'angle de réfraction couverte de noir de fumée; d'une lentille achromatique L_4 de 33^{cm} de foyer, comme objectif; d'un oculaire L_5 pouvant avoir son réticule remplacé par la fente d'une pile linéaire, thermo-électrique.

» La pile est en relation avec un galvanomètre astatique de Thomson, dont les bobines, couplées convenablement, ont une résistance égale à celle de la pile. C'est grâce à l'obligeance de M. Pellat que j'ai pu disposer de ce galvanomètre construit par la maison Carpentier. Cet instrument était réglé à ses dernières limites de sensibilité, pour le milieu dans lequel j'opérais; ainsi vers la raie A_1 avec une fente de pile de 1^{mm} et une fente d'admission de $0^{mm},666$, j'obtenais avec la lampe Drummond une déviation de 71 divisions de la règle, et une déviation de 40 divisions avec la lampe Bourbouze portée vers 1200°.

» Une partie des radiations émises par la source est directement réfléchie par un miroir sur un thermo-multiplicateur témoin. Un écran mobile permet d'intercepter, en même temps, les rayonnements tombant sur les deux piles. Les images monochromatiques ont 1^{mm} de largeur.

» Quand la fente du spectroscope est suffisamment étroite, et la source le Soleil, on distingue une multitude de raies de A en H′, et en particulier les raies de Frauenhofer. Dans une première série d'expériences, j'ai mesuré, en différents points du spectre, les pouvoirs diathermanes de quatre auges de verre vides, à faces planes : α, β, γ, δ (le verre des faces est du verre à vitre sans bulles), de l'auge γ remplie de chloroforme et de l'auge δ pleine d'eau. Les épaisseurs *e* des deux lames de verre des auges et des couches liquides; les densités *d* des verres et des liquides sont :

	α.	β.	γ.	δ.	Eau.	Chloroforme.
e..........	$4^{mm},44$	$4^{mm},67$		$6^{mm},11$	20^{mm}	10^{mm}
d..........	$2^{mm},581$	$2^{mm},550$		$2^{mm},522$	$0^{mm},998$	$1^{mm},488$

» La source employée est la lampe Bourbouze portée vers 1200°. Les auges sont placées avant la fente spectroscopique. La pile a $1^{mm},5$ d'ouverture.

Position en λ du milieu de la fente.	Intensité sans auge.	Diathermanéité. α.	β.	γ.	δ.	γ chloroforme.	δ eau.
0,7750....	77,73	0,57	0,66	0,87	0,83	0,83	0,63
0,7305....	54,10	0,60		0,71	0,82	0,69	0,62
0,6771....	25,90	0,67	0,74	0,84	0,82	0,74	0,67
0,6360....	17,41	0,65		0,69	0,80	0,69	0,71
0,6000....	9,97	0,73	0,77	0,74	0,84	0,74	0,67
0,5710....	6,15	0,71		0,81	0,88	0,71	0,67
0,5475....	4,50	0,66	0,82	0,81	0,87	0,70	0,55
0,5255....	3,19	0,69		0,71	0,84	0,69	0,68
0,5065....	2,58	0,69	0,67	0,71	0,87	0,75	0,40
0,4875....	2,17	0,62		0,77	0,90	0,71	0,41
0,4730....	1,85	0,51		0,73	0,78	0,76	0,37
0,4620....	1,45	0,51		0,69	0,81	0,80	0,33
0,4580....	1,34	0,55		0,78	0,79	0,61	0,39
0,4370....	1,31	0,43	0,67	0,78	0,73	0,62	0,41

» Ce Tableau montre, entre autres, que les corps transparents le sont avec de notables différences. Un corps nous paraît transparent quand il se laisse traverser par des quantités suffisantes de radiations assez rapprochées en λ et distribuées dans toutes les couleurs du spectre.

» Après avoir constaté que les pouvoirs de transmission spécifiques d'un corps sont constants, lorsqu'on éloigne plus ou moins ce corps d'une source de température constante, j'ai fait les expériences suivantes :

» La pile linéaire est placée sur la raie C, $\lambda = 0,6561$, la lampe Bour-

bouze est portée à différentes températures, estimées à l'aide du galvanomètre témoin, puis déterminées en se servant de la courbe de M. Violle (¹). Pour toutes ces températures le spectre paraît continu, même observé avec un spectroscope Thollon que je dois à l'obligeance de M. Pellat (²).

Température.	Intensités sans auge en C.	Diathermanéité. Auge α vide.	Auge β vide.	Auge δ pleine d'eau.
	dan.			
870°	0,56	0,71	0,95	0,43
950°	1,29	0,76	0,86	0,55
1000°	3,53	0,61	0,79	0,69
1070°	6,14	0,57	0,76	0,65
1100°	8,15	0,60	0,70	0,64
1140°	11,95	0,70	0,76	0,77
1190°	20,55	0,64	0,77	0,74

» Ces résultats montrent, en particulier, que les radiations émises par une source et considérées dans une portion étroite du spectre, changent de nature avec la température de cette source, quoique le spectre lumineux paraisse toujours continu; ils indiquent également que la recherche des maxima périodiques dans un spectre n'est possible qu'autant que la source est suffisamment constante.

» D'après les deux Tableaux précédents, il est très probable que les corps solides incandescents émettent, et les corps transparents laissent passer, dans la partie lumineuse du spectre, des rayonnements discontinus en λ. Si cette discontinuité n'est pas visible, cela tient à ce que ces rayonnements très nombreux, fort rapprochés et presque équidistants, ont leurs images en partie superposées. N'a-t-on pas vu d'abord une seule raie D, puis 2, puis 3, puis 64; et, rien n'établit que chacune de ces 64 ne pourra être plus tard résolue en plusieurs autres.

» Comme dans un spectroscope, il est très difficile, sinon impossible de constater la présence de maxima ou de minima d'éclat si ces variations quoique considérables ont de grands rayons de courbure; on ne peut guère songer à rechercher optiquement les maxima périodiques (³). »

(¹) Violle, *Comptes rendus*, 1879, 1er semestre.

(²) Le spectroscope appartenant au collège Rollin permet de voir trois des raies D.

(³) Ces expériences ont été faites au laboratoire d'enseignement de la Sorbonne.

ACOUSTIQUE. — *Réception des sons.* Note de M. **Henri Gilbault**, présentée par M. Lippmann.

« Dans une Note que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, le 7 mai, j'ai établi une équation donnant l'élongation d'un mouvement vibratoire par influence; si, dans cette équation, on suppose t un peu grand, c'est-à-dire que le régime permanent soit établi, l'élongation est

$$(1) \qquad x = \lambda A \sqrt{\frac{1 + q^4 n^2}{(p^2 - mn^2)^2 + (q^2 + r^2)^2 n^2}} \sin[ut - (\varphi + \varepsilon)],$$

et l'amplitude de la résonance :

$$(2) \qquad a = \lambda A \sqrt{\frac{1 + q^4 n^2}{(p^2 - mn^2)^2 + (q^2 + r^2)^2 n^2}}.$$

» Ces équations conduisent à un certain nombre de conséquences :

» 1° *L'amplitude a de la vibration par influence est proportionnelle à l'amplitude* A *de la source.* — Quoiqu'on puisse, comme je l'ai dit [1], considérer cet énoncé comme une conséquence de la décroissance logarithmique des amplitudes d'une source abandonnée à elle-même, j'ai tenu à le vérifier directement. Des expériences, faites en employant comme corps soumis à l'influence des diapasons et des membranes observés au microscope micrométrique et comme source un diapason, ont vérifié parfaitement cette loi.

» 2° *La résonance varie avec m.* — Si l'on suppose m variable et toutes les autres quantités constantes, l'équation (2) passe par un maximum pour

$$p^2 - mn^2 = 0,$$

ou

$$n = \frac{1}{m}\sqrt{p^2 m},$$

alors que la hauteur propre du corps est

$$n' = \frac{1}{m}\sqrt{p^2 m - \frac{4}{q^2 + r^2}};$$

la source a donc, dans le cas où la résonance est maxima, un son plus aigu que le son propre du corps influencé, elle a le son qu'avait ce corps

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 1037; 1894.

s'il était dénué de frottement intérieur et s'il était placé dans le vide; pour toute autre valeur de m, la résonance est plus faible. Pour faire des expériences constituant une vérification, je prenais deux diapasons : l'un en acier, qui était un microscope vibrant, servait de source, l'autre en bronze portant des masses mobiles; je les plaçais d'abord en regard ayant leurs branches parallèles et je mesurais l'amplitude a du diapason de bronze; puis, leurs branches étant perpendiculaires, j'examinais avec le microscope vibrant de la poudre d'antimoine fixée au diapason de bronze, de façon à former la figure de Lissajous correspondante, dont je mesurais le temps de déplacement, ce qui permettait de calculer la différence de hauteur h entre les deux corps.

» Je faisais ainsi toute une série d'expériences en déplaçant les masses mobiles, ce qui me donnait des valeurs de a et h, avec lesquelles j'ai pu tracer une courbe qui est bien représentée par l'équation empirique

$$a = \frac{c}{b + dh + h^2},$$

avec

$$c = 0{,}0000593,$$
$$b = 0{,}00073,$$
$$d = 0{,}0351,$$

dont le maximum ne correspond pas à une valeur de $h = 0$, mais $h = 0{,}0175$.

» 3° *La résonance varie avec p.* — En effet, si l'on suppose p variable, l'équation (2) passe par un minimum pour $p = 0$, et l'amplitude est

$$a = \lambda A \sqrt{\frac{q^4}{mn^2 + (q^2 + r^2)}},$$

c'est-à-dire qu'elle est indépendante de n, le corps influencé vibre comme une tranche d'air, à l'unisson et proportionnellement à toute source. Je me suis approché de ce cas théorique, en prenant une membrane très petite et pas tendue; elle était placée au-dessus d'une source constituée par une membrane portant une lame de fer, qui était attirée périodiquement par un électro-aimant placé en regard et parcouru par des courants interrompus par des diapasons dont la hauteur était différente; la source a toujours même surface, et j'ai pu constater qu'il y a sensiblement proportionnalité entre A et a lorsque la hauteur du diapason interrupteur varie entre sol_0 et ut_2.

» En supposant toujours p variable, l'équation (2) passe par un maximum pour $p^2 - mn^2 = 0$ et

$$a = hA \frac{q^2}{q^2 + r^2},$$

c'est-à-dire qu'il y a encore proportionnalité entre a et A quelle que soit la hauteur de la source, mais à condition que

$$n = \frac{1}{m}\sqrt{p^2 m},$$

c'est-à-dire que le corps influencé soit maintenu à l'unisson de la source, ce qui explique ([1]) que j'ai pu prendre une membrane à tension variable comme phonomètre. J'ai pu également vérifier cette conception.

» 4° *La résonance varie avec q.* — Plaçons-nous, par exemple, dans le cas du maximum de résonance

$$a = hA \frac{q^2}{q^2 + r^2};$$

puis changeons la nature de la surface du corps influencé, ainsi que sa masse, par exemple, jusqu'à obtenir à nouveau le maximum de résonance, on a

$$a_1 = hA \frac{q_1^2}{q_1^2 + r^2};$$

or si $q_1 > q$, $a_1 > a$.

» Dans le cas où le corps influencé est dans de grandes limites à l'unisson de la source, il y a variation de la résonance par simple variation de la surface, il y a donc un *pouvoir absorbant* sonore, ce que j'ai pu vérifier.

» 5° *Il y a une différence de phase entre la source et le corps influencé.* — Si nous nous plaçons dans le cas du maximum de résonance

$$p^2 - mn^2 = 0,$$
$$\tang \varepsilon = \infty \qquad \varepsilon = \frac{\pi}{2},$$

comme $q > 1$ et que n est très grand, $\tang \varphi$ est très grand et $\frac{\varepsilon + \varphi}{2\pi}$ est très voisin de 1. Il n'y a donc pas sensiblement de différence de phase entre ces deux corps. Si m ou p varient, $tq\,\varepsilon < \infty$, il s'établit une différence de phase qui tend vers la valeur $\frac{1}{4}$ lorsque l'intensité de la résonance tend vers 0, et cela se conçoit puisque, dans ce cas, pendant la moitié du

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 1244; 1894.

temps, les deux mouvements sont de même sens et pendant l'autre moitié de sens inverse.

» J'ai entrepris cette étude expérimentale en faisant vibrer par influence un diapason de bronze placé en regard d'un diapason d'acier entretenu électriquement; dans le circuit de cette source se trouvait un électro-aimant actionnant, sans différence de phase, un microscope vibrant avec lequel j'examinais le diapason de bronze de façon à former les figures de Lissajous. »

ACOUSTIQUE MUSICALE. — *Sur les gammes enharmoniques.* Note de M. **A. de Bertha**, présentée par M. Sarrau.

« Le numéro du 18 juin 1894 des *Comptes rendus* contient une Note de M. Edmond de Polignac, dans laquelle il revendique son droit de priorité aux *gammes enharmoniques* que j'ai présentées à l'Académie le 21 mai 1894.

» J'ai déjà reconnu à cette occasion qu'une de ces gammes avait été employée en 1888 par M. de Polignac; je reconnais également que dans une Note d'une douzaine de lignes annexée à son morceau il a donné la définition des trois gammes qui constituent ce que j'appelle les *premières homotones*.

» Mais les combinaisons arithmétiques, qui servent de base aux gammes enharmoniques, m'ont conduit non seulement aux trois trouvées, ce que j'ignorais, par M. de Polignac, mais à trois autres gammes conjuguées d'égale importance et qui constituent ce que j'appelle les *homotones secondes*.

» De leur ensemble résulte tout un système dont j'ai étudié et exposé tous les détails au point de vue de l'Acoustique, des théories musicales et de l'enseignement de la musique dans mon « Essai d'un système de gammes nou- » velles » publié dans le numéro du 1er janvier 1894 de la *Nouvelle Revue* et présenté à l'Académie, avec des additions musicales, dans la séance du 21 mai 1894; c'est ce système dont on doit m'accorder l'entière propriété. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une application des rayons cathodiques à l'étude des champs magnétiques variables.* Note de M. **Albert Hess**, présentée par M. A. Cornu.

« Les propriétés des rayons cathodiques ont été récemment l'objet d'une étude très étendue de M. P. Lenard [1] qui vient compléter les travaux publiés sur ce sujet par Hittorf, Crooks, Goldstein, Hertz, Ebert et Wiedemann, et d'autres physiciens. Au point de vue qui m'occupe, c'est-à-dire de l'utilisation de quelques-unes des propriétés de ces rayons pour l'étude des champs magnétiques, je ne retiendrai que les résultats suivants de ces travaux :

» 1° Les rayons cathodiques peuvent traverser des lames métalliques minces;

» 2° Ces rayons, quoique ne pouvant être *produits* que dans des milieux très raréfiés, se *propagent* dans tous les gaz à toutes les pressions; mais le faisceau est d'autant moins diffus que la pression du gaz est plus faible;

» 3° L'aimant fait dévier les rayons cathodiques; la déviation, variable avec l'intensité du champ, n'est pas due à une action directe de l'aimant sur les rayons eux-mêmes, mais à la déformation magnétique du milieu, qui, dans ce cas n'est autre que l'éther;

» 4° A conditions de production égales des rayons et pour la même intensité de champ, la déviation du faisceau est la même dans tous les gaz et à toutes les pressions;

» 5° Les rayons cathodiques agissent sur la pellicule photographique.

» On peut utiliser ces propriétés pour l'étude des champs variables en se servant d'un dispositif expérimental dont je n'indiquerai que les grandes lignes, les détails de l'appareil étant aisés à combiner d'après les indications circonstanciées données par M. Lenard dans son travail mentionné plus haut.

» Les rayons cathodiques sont produits dans un tube Geissler, dont l'extrémité opposée à la cathode est fermée hermétiquement par une plaque métallique présentant une fente diamétrale de 1^{mm} à 2^{mm} de largeur. Cette fente est obturée par une feuille métallique très mince [2]. On

---

[1] *Wiedemann's Annalen*, t. LI, p. 225; t. LII, p. 23, 1894.

[2] Feuille d'aluminium de $0^{mm},002$ à $0^{mm},003$ d'épaisseur, fournie par les batteurs de feuilles.

dispose le champ magnétique à étudier de manière que la déviation du faisceau ait lieu dans le sens de la longueur de la fente.

» Les rayons traversent cette feuille mince et sortent du tube de Geissler; ils sont reçus dans une caisse métallique complètement close, et dont la paroi rapprochée de la fente est constituée par une feuille métallique très mince, de l'ordre de l'épaisseur de la feuille qui recouvre la fente. Cette caisse contient une pellicule photographique à laquelle un dispositif quelconque communique un déplacement dans le sens normal à l'axe du faisceau pénétrant dans la caisse et au sens de la déviation. La position de ce dernier se trouve ainsi photographiée à chaque instant, et l'on obtient une courbe des variations de l'intensité du champ magnétique.

» La caisse métallique peut contenir de l'air; il convient, dans ce cas, pour obtenir une trace nette du faisceau, d'abaisser la pression, à l'intérieur de la caisse, à quelques millimètres de mercure. Si la caisse est remplie d'hydrogène, la pression peut être de quelques dizaines de millimètres. La valeur de cette pression n'influe d'ailleurs pas sur la grandeur de la déviation que subit l'axe du faisceau, elle n'affecte que le degré de netteté de ce dernier.

» Étant donné que les déviations des rayons sont dues aux modifications dans l'état de tension de l'éther sous l'influence du champ magnétique, que ces déformations se propagent avec une vitesse très grande, et connaissant, d'autre part, le mode de variation de la déviation en fonction de l'intensité du champ, on possède dans les rayons cathodiques un index sans inertie, capable d'enregistrer, avec une vitesse limitée seulement par la sensibilité de la pellicule photographique, les variations les plus rapides des intensités de champs magnétiques et, indirectement, des intensités de courants électriques. »

ÉLECTRICITÉ. — *Détermination de la forme des courants périodiques en fonction du temps au moyen de la méthode d'inscription électrochimique* [1]. Note de M. **P. Janet**, présentée par M. Mascart.

« Il est possible d'appliquer la méthode d'inscription électrochimique des courants alternatifs, que j'ai eu l'honneur de présenter récemment à l'Académie [2], à la détermination de la forme de ces courants en fonc-

---

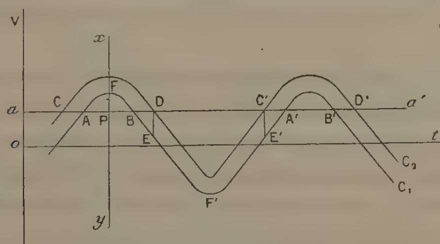
[1] Laboratoire d'Électricité industrielle de la Faculté des Sciences de Grenoble.
[2] *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 862.

tion du temps. Voici quel est le principe de cette nouvelle application.

» Soient M et N deux points pris sur un circuit alternatif et séparés par une résistance non inductive, une lampe à incandescence par exemple. Supposons, pour fixer les idées, que le point M soit maintenu au potentiel o; alors le potentiel V du point N pourra être représenté par

$$V = f(t),$$

$f(t)$ étant une fonction périodique du temps que je ne supposerai pas sinusoïdale : cette fonction est d'ailleurs proportionnelle à l'intensité du courant que l'on veut étudier. Mettons le point M en communication avec le cylindre enregistreur, le point N en communication avec un premier style S_1. La fonction $f(t)$ représente à chaque instant l'excès de potentiel de ce style S_1 sur le cylindre, le circuit dérivé MS_1N étant, comme dans le cas des voltmètres, très résistant. Traçons la courbe C_1 représentative de la fonction $f(t)$ (*fig.* 1). Le style S_1 commencera à marquer sur le cylindre



une trace de bleu de Prusse chaque fois que l'excès de potentiel de ce style sur le cylindre atteindra une valeur bien déterminée a que nous n'avons pas besoin de connaître. Traçons donc la droite aa' parallèle à Ot à une distance a. Il est facile de voir que si le cylindre tourne d'une vitesse uniforme et si la figure est faite à une échelle convenable, *les segments de droite* AB, A'B', ..., *représentent en grandeur et en position les traces bleues que l'on observe sur le papier déroulé.*

» Cela posé, mettons le même point N en communication avec le pôle négatif d'une pile [1] de force électromotrice connue e et de résistance intérieure négligeable. Le pôle positif de cette pile communique avec un second style S_2 disposé à côté du style S_1 et au même niveau que lui (les

---

[1] Dans la pratique, on emploie une batterie d'accumulateurs.

pointes des styles S_1 et S_2 étant toujours sur une même génératrice du cylindre enregistreur). L'excès de potentiel du style S_2 sur le cylindre est évidemment $V' = f(t) \mp e$, de sorte que cet excès est représenté par la courbe C_2, qui se déduit de la courbe C_1 en augmentant les ordonnées d'une quantité constante e. Ici encore, les traces bleues commenceront à s'inscrire sur le cylindre dès que cet excès de potentiel dépassera la même valeur a que tout à l'heure : elles seront donc représentées par les segments de droite CD, C'D', etc.

» Sur les graphiques ainsi obtenus, nous pouvons maintenant mesurer à la machine à diviser la longueur BD, distance des extrémités des deux traits bleus sur les deux traces parallèles ; d'autre part, nous connaissons DE qui est égal à la force électromotrice e introduite ; nous connaissons donc l'abscisse et l'ordonnée du point E en prenant comme origine le point B et comme axe des temps la droite aa'. De même, le point C' nous fournissait le point E'. En faisant varier e, on construira ainsi par points l'arc BF'E' ; et en renversant les pôles de la pile, on se procurera tous les points de l'arc BFA. On aura ainsi construit une période entière de la courbe C_1.

» Nous avons supposé, dans ce qui précède, la vitesse du cylindre uniforme ; mais cette restriction est facile à lever, ce qui nous permettra de faire tourner le cylindre simplement à la main ; il suffit, en effet, de ramener toutes les mesures à ce qu'elles seraient si la vitesse était constante. Pour cela, remarquons que les segments tels que AB sont proportionnels à la vitesse du cylindre ; il suffira alors, pour corriger les variations de vitesse, de considérer partout, au lieu de la valeur absolue BD, le quotient $\frac{BD}{AB}$.

» Les mesures se simplifient notablement si l'on suppose *a priori* que la courbe est symétrique par rapport à un axe vertical tel que XY. On mesure alors directement sur le graphique fourni par le style 2 l'abscisse PD du point D dont l'ordonnée connue est DE. Cette mesure suffit si la vitesse du cylindre est constante ; si elle est variable, on prend à l'aide du style 1 un graphique de comparaison qui sert, comme précédemment, à ramener toutes les mesures à la même vitesse. Même en l'absence d'un axe de symétrie, ces courbes représentent, comme il est facile de le voir, un courant fictif ayant même intensité moyenne (mais non efficace) que le courant étudié.

» Si nous comparons la méthode que nous venons d'exposer à la mé-

thode classique de M. Joubert (1), nous trouvons que la différence consiste essentiellement en ce que, dans la méthode de M. Joubert, on se donne le temps et on mesure le potentiel, tandis que, dans la méthode actuelle, on se donne le potentiel et on mesure le temps; les avantages de cette manière de procéder sont, en premier lieu, la très grande simplicité des appareils et des mesures, en second lieu la possibilité de n'avoir à sa disposition ni l'alternateur qui fournit le courant, ni un moteur synchrone.

» Enfin, comme j'espère pouvoir le montrer prochainement, la méthode s'applique, avec quelques modifications de détail, à l'inscription autographique directe de la forme des courants périodiques. »

ÉLECTRICITÉ. — *Transformateur de courant monophasé en courants triphasés.* Note de M. **Désiré Korda**, présentée par M. Lippmann.

« Cet appareil a pour but la production d'un champ magnétique tournant d'intensité constante tout en n'utilisant qu'un courant monophasé. Il est destiné à rendre possible le démarrage, en pleine charge, des moteurs asynchrones à courants alternatifs simples, ainsi qu'à permettre le branchement de moteurs à courants triphasés sur un réseau existant à courant monophasé et à servir en même temps de transformateur de tension.

» Il se compose, en principe, d'un transformateur à trois noyaux et d'une bobine de self-induction à noyau mobile.

» Le principe de son fonctionnement est le suivant :

» Le circuit du courant sinusoïdal monophasé : $i = I_0 \sin \omega t$ étant bifurqué de façon que les deux branches I et II aient la même résistance ohmique R, on place dans la branche II une bobine de self-induction L, telle qu'on ait

$$(1) \qquad \frac{L\omega}{R} = \sqrt{3} = \operatorname{tang} 60^\circ,$$

en posant $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (T étant la durée d'une période).

» Si nous représentons le courant de la branche I,

$$i_1 = \frac{E}{R} \sin \omega t$$

(1) *Annales de l'École Normale*, 2e série, t. X.

(E étant la force électromotrice maxima), en valeur maxima par le diamètre AB d'un cercle, le courant de la branche II sera représenté, également en valeur maxima, par la corde AC, faisant 60° avec AB. En effet, on a

$$i_2 = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin(\omega t - \alpha) = \frac{E}{2R} \sin(\omega t - 60^\circ),$$

c'est-à-dire le courant i_2 sera la moitié du courant i_1 tant que la condition (1) sera satisfaite.

» Par conséquent, en enroulant la branche II n-fois autour du premier noyau du transformateur et la branche I $\frac{n}{2}$-fois autour du deuxième noyau, mais en ayant soin de faire ces deux enroulements en sens contraire l'un par rapport à l'autre, on obtiendra dans ces deux noyaux des flux sinusoïdaux d'intensités égales, mais ayant une différence de phases de 240°.

» L'un sera de la forme

$$\Phi_1 = \Phi_0 \sin \omega t$$

et l'autre

$$\Phi_2 = -\Phi_0 \sin(\omega t - 60^\circ) = \Phi_0 \sin(\omega t - 240^\circ).$$

La somme des spires de ces deux noyaux enroulées en sens contraire sur le troisième noyau du transformateur nous fournira un troisième flux de la forme suivante :

$$\begin{aligned} \Phi_3 = -(\Phi_1 + \Phi_2) &= \Phi_0[-\sin \omega t + \sin(\omega t - 60^\circ)] \\ &= \Phi_0 \sin(\omega t - 120^\circ). \end{aligned}$$

» Nous disposons ainsi d'un artifice qui nous permet de produire trois flux triphasés induisant des courants triphasés dans les trois enroulements secondaires de notre transformateur. Par conséquent, en réunissant les trois bouts commençants de ces bobines secondaires, on obtient un point zéro O, tant que la condition (1) est remplie et l'on peut relier dans ce cas le point O par un conducteur, soit à la terre, soit au deuxième point de réunion O' des fils secondaires sans observer aucun courant dans ce conducteur.

» Seulement, dès que la charge du transformateur varie, la différence de phase, exprimée par le membre gauche de (1) variera également. En effet, en posant

$$\rho = R + \frac{M^2 \omega^2}{r^2 + l^2 \omega^2} r,$$

$$\lambda = \Lambda - \frac{M^2 \omega^2}{r^2 + l^2 \omega^2} l$$

et

$$\lambda' = L + \lambda,$$

où M est le coefficient d'induction mutuelle, Λ le coefficient de self-induction des spires primaires et l celui de l'enroulement secondaire dont r est la résistance ohmique, nous aurons pour l'angle de phase de la branche avec bobine de self-induction L

$$\tang\varphi' = \frac{\lambda'\omega}{\rho}$$

et pour l'autre branche

$$\tang\varphi = \frac{\lambda\omega}{\rho}.$$

Pour rétablir la différence de phase $\varphi' - \varphi = 60°$, il faut, par conséquent, déplacer le noyau de la bobine de self-induction de façon qu'on ait

$$\tang(\varphi' - \varphi) = \sqrt{3},$$

ce qui détermine la nouvelle valeur de L, c'est-à-dire jusqu'à ce que la tension au point O s'annule de nouveau.

» Le déplacement du noyau peut s'effectuer par un régulateur automatique qui ne vient au repos qu'autant que les trois courants secondaires sont parfaitement symétriques et que, par suite, il n'y a pas de courant dans le fil OO'. »

CHIMIE. — *Recherches sur l'action qu'exercent les molybdates acides de soude et d'ammoniaque sur le pouvoir rotatoire de la rhamnose (isodulate).* Note de M. **D. Gernez**, présentée par M. Duclaux.

« Dans des Communications antérieures ([1]), j'ai établi que les molybdates acides de soude et d'ammoniaque exercent sur les solutions aqueuses des composés polyalcooliques, mannite, sorbite et perséite, des actions dont on peut suivre les progrès par la variation qui se produit dans le pouvoir rotatoire de ces substances, lorsqu'on y ajoute des quantités graduellement croissantes de ces sels.

» Le pouvoir rotatoire de ces sucres prend, lorsqu'on fait intervenir l'action des molybdates, des valeurs relativement considérables. Ainsi les

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXII, p. 1360; t. CXIII, p. 1031, et t. CXIV, p. 480.

quantités de ces trois corps qui produisent des rotations de 1,16 et 11 minutes donnent, après addition d'une même quantité de molybdate acide de soude et toutes choses égales d'ailleurs des solutions dont les rotations sont 165, 323 et 431 minutes, c'est-à-dire 160, 20 et 40 fois les rotations initiales. Or, plusieurs des corps précédents ayant été longtemps considérés comme inactifs, il était naturel d'essayer l'effet des molybdates alcalins sur les sucres qui leur sont analogues et que les déterminations directes indiquent comme n'ayant pas d'action sur la lumière polarisée : la dulcite, par exemple.

» Des solutions concentrées de cette substance, additionnées de molybdates acides de soude et d'ammoniaque, en quantités graduellement croissantes et suffisantes pour saturer les solutions aqueuses à froid ou à chaud, n'ont produit sur la lumière polarisée aucun effet appréciable. On peut conclure de là, ou bien que la dulcite agit sur les molybdates acides autrement que ses isomères, la mannite et la sorbite, ou bien, ce qui est plus probable, qu'elle ne doit pas être considérée comme un corps actif à pouvoir rotatoire trop faible pour être évalué. Ce fait vient alors à l'appui de ceux qui ont permis de fixer la formule de constitution de la dulcite.

» Les sucres à fonction aldéhydique n'éprouvent, de la part des molybdates alcalins acides que des effets d'une intensité généralement très faible ; il en est un toutefois dont l'action sur la lumière polarisée peut être doublée par l'addition de quantités convenables de ces sels : c'est l'isodulcite ou rhamnose que ses propriétés chimiques conduisent à regarder comme une méthylpentose. Elle présente, au point de vue du pouvoir rotatoire, des particularités signalées ou étudiées par MM. Rayman, Kruis, Schnelle, Jacobi et qui expliquent la diversité des nombres qui ont été donnés comme représentant cette constante.

» La matière dont j'ai fait usage était formée de beaux cristaux limpides provenant de la xanthorhamnine. Son pouvoir rotatoire, mesuré 90 secondes après la dissolution dans l'eau, était $[\alpha]_D^{18} = -6°,05$, et, quelques heures après, la valeur correspondant à l'équilibre était $[\alpha]_D^{18} = +9°,75$, un peu supérieure à celle de $9°,4$ qu'ont observée MM. Rayman et Kruis.

» Les solutions sur lesquelles ont porté les expériences contenaient $0^{gr},7583$ de rhamnose avec des quantités de sel augmentant graduellement par fractions du poids moléculaire égales à $\frac{1}{24}$, et l'eau distillée nécessaire pour que le volume total fût de 12^{cc} à $18°$, température à laquelle toutes les mesures ont été faites à la lumière du sodium dans un tube de 200^{mm} de longueur et sur des solutions arrivées à l'état d'équilibre stable.

» Le Tableau suivant résume les expériences :

Quantités de sel pour $\frac{1}{24}$ du poids moléculaire m.	Molybdate acide de soude. Rotations.	Variations pour $\frac{1}{24}$ de m.	Molybdate acide d'ammoniaque. Rotations.	Variations pour $\frac{1}{24}$ de m.
0,5	1°.32′	38′	1°.31′	36′
1	1.49	34	1.45	28
2	2.11	22	2.[illegible]3	18
3	2.28	17	2.13	10
4	2.38	10	2.20	7
5	2.45	7	2.25	5
6	2.51	6	2.29	4
6,75	2.54	4	2.31	2,7
7	2.54	0	2.31	0
12	2.54	0	2.31	0
18	2.54	0	2.30	—1

» L'examen de ces nombres conduit à quelques remarques : 1° De faibles additions de molybdates déterminent un accroissement relativement grand de la rotation; il suffit de $\frac{1}{12}$ du poids moléculaire pour amener la rotation de 1°14′ à 2°11′; mais des poids de sel égaux produisent ensuite des effets de moins en moins prononcés.

» 2° L'addition de $\frac{6.75}{24}$ du poids moléculaire donne lieu à un effet maximum qui correspond aux pouvoirs rotatoires $[\alpha]_D^{18} = 22°,95$ avec le molybdate acide de soude et 19°,91 avec le molybdate acide d'ammoniaque.

» 3° De plus grandes quantités de sels ne produisent aucun changement appréciable.

» 4° L'effet maximum se trouve ici réalisé pour des poids relatifs de molybdates égaux à ceux qui donnent lieu aux mêmes effets dans les cas de la mannite, de la sorbite et de la perséite. »

CHIMIE. — *Sur le changement de signe du pouvoir rotatoire.* Note de M. **Albert Colson**, présentée par M. Henri Moissan.

« J'ai établi (*Comptes rendus*, t. CXVI, p. 319) que le pouvoir rotatoire de certains corps organiques varie avec la température à tel point que, pour un refroidissement de 30°, la variation est une fraction considérable du pouvoir rotatoire lui même ; de sorte qu'un changement de signe devient

possible pour une forte variation de température, comme je l'ai constaté sur l'oxyde d'isobutylamyle.

» Ces conclusions, qui ont d'abord été contestées [1], viennent d'être confirmées par M. Le Bel [2]. A la suite de la récente découverte de M. Ramsay sur la condensation par le froid des molécules liquides, M. Le Bel s'est demandé s'il existe des relations entre les variations du pouvoir rotatoire et ce genre de condensation.

» Il a préparé avec le plus grand soin un échantillon d'oxyde d'isobutylamyle et l'a soumis à l'examen de M. Ramsay. Ce savant a constaté que la molécule de cet éther reste simple et ne subit aucune déformation par le froid.

» Il semble donc acquis que les variations de pouvoir rotatoire que j'ai signalées résultent d'une propriété physique de la matière, ainsi que je l'avais affirmé. Un changement de signe du pouvoir rotatoire n'est pas plus surprenant que le maximum de densité de l'eau ou la dilatation anormale du gaz cyanhydrique constatée par M. Arm. Gautier [3].

» M. Le Bel convient aujourd'hui que ces changements du pouvoir rotatoire ne confirment pas les théories de M. Guye, et il explique ces changements par des liaisons atomiques qu'il suppose de moins en moins mobiles au fur et à mesure que la température s'abaisse : aux températures élevées les liaisons deviennent mobiles et alors le pouvoir rotatoire tend à devenir constant.

» Au point de vue théorique on ne connaît pas de relation entre le pouvoir rotatoire et le mouvement des atomes. Je me suis demandé si parfois ces variations du pouvoir rotatoire ne pouvaient être rapportées à d'autres causes physiques mieux connues que les mouvements internes des molécules.

» Prenons un échantillon d'acétate d'amyle actif, bouillant à 139°, après rectification sur de l'anhydride acétique pour enlever les traces d'eau. Faisons deux parts de ce produit : l'une reste intacte, l'autre est additionnée de 1 pour 100 d'anhydride acétique. En observant séparément ces deux portions au polarimètre on trouve les résultats suivants pour une longueur de $0^m,20$ à des températures comprises entre $-4°$ et $100°$:

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 725.
(2) *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 916.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série t. XVII, p. 119.

	Températures.				
	−4°.	+16°.	60°.	78°.	100°.
Déviations du corps pur...	0°53′	1°2′	1°20′	1°24′	1°20′
Déviations du mélange.....	1°6′	1°4′	»	1°8′	»

» L'acétate d'amyle exempt d'anhydride me paraît présenter tous les caractères de la *congélation interne* admise par M. Le Bel : constance de la déviation à haute température et abaissement progressif et marqué de la déviation par l'action du froid (¹). Et cependant une petite quantité d'anhydride acétique vient détruire les effets de la température et donner au pouvoir rotatoire une valeur constante différente de celle que l'on constate vers 100°, ainsi que le montre l'inspection du Tableau précédent. La congélation interne serait donc ici détruite par une faible quantité d'anhydride acétique : on ne voit pas pourquoi. Au contraire, connaissant la facile décomposition des éthers acétiques et les phénomènes d'équilibre constatés sur ces corps par MM. Berthelot et Péan de Saint-Gille, il semble probable que l'éthérification, plus facile à 100° qu'à 0°, est toujours limitée (soit que l'éther contienne une trace d'eau, ou mieux une trace d'acide et d'alcool non combinés) et qu'entre les trois corps, acide, alcool, eau, il existe pour chaque température un équilibre déterminé, accusé par une valeur correspondante du pouvoir rotatoire. On comprend alors qu'un excès d'anhydride acétique, absorbant l'eau, donne de la stabilité à la molécule en provoquant un équilibre stable.

» A l'appui de cette opinion, considérons un éther acétique qui soit en même temps un anhydride avide d'eau. Il est évident que dans ce cas l'addition de 1 pour 100 d'anhydride acétique aura peu d'influence sur l'équilibre et par suite sur le pouvoir rotatoire qui résulte de cet équilibre. C'est ce que montre le Tableau suivant :

	Températures vers			
	60°.	40°.	30°.	18°.
Éther pur..............	−1°32′	−1°22′	−1°18′	−1°8′
Mélange acétique.........	−1°29′	−1°21′	−1°18′	−1°10′

» L'éther pur sur lequel j'ai opéré est l'anhydride acétylmalique. Ce corps étant cristallisé, fusible à 63°, se purifie plus aisément qu'un liquide, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer. En été, il reste aisément en sur-

(¹) Ces observations ont été faites pendant l'hiver et contrôlées par M. Favier, ingénieur des Arts et Manufactures. Par refroidissement on retrouve sur le corps pur 0°,57′ vers 0°.

fusion à l'état visqueux, et il est avide d'eau. Sa viscosité empêche l'action de l'humidité atmosphérique, c'est-à-dire toute saponification extérieure, et son avidité pour l'eau empêche toute altération par l'eau à l'intérieur de la masse visqueuse. Ces exemples établissent donc :

» 1° Qu'il existe des composés qui possèdent un pouvoir rotatoire extrêmement variable avec la température à tel point qu'il peut changer de signe, comme je l'ai fait voir dans le cas de l'oxyde isobutylamylique;

» 2° Qu'en certains cas ces grandes variations sont occasionnées par des équilibres chimiques. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le spectre de lignes du soufre, et sur sa recherche dans les composés métalliques*. Note de M. **A. de Gramont**, présentée par M. Friedel.

« En continuant l'étude des spectres d'étincelles des sulfures métalliques [1], j'ai observé certains groupes de raies fines, se détachant faiblement sur la partie verte du spectre, et dont les longueurs d'onde coïncidaient avec celles des principales lignes du spectre, dit *secondaire*, du soufre. On obtenait celui-ci, jusqu'ici, en faisant passer l'étincelle d'induction condensée dans un tube de Plücker ou dans un tube à gaines, rempli de vapeurs de soufre à une faible pression. J'ai cherché à m'assurer que l'on pouvait obtenir le même spectre dans les conditions ordinaires de température et de pression, en faisant éclater l'étincelle de la bobine d'induction servant précédemment à mes recherches, entre deux fils de platine ou entre deux baguettes de charbon de cornue, recouvertes de soufre pur, fondu et refroidi.

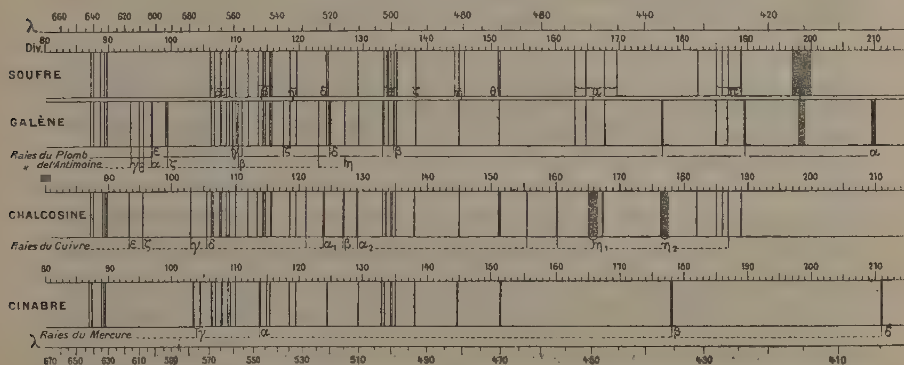
» Lorsqu'on opère sans condensateur, le soufre s'enflamme et donne un spectre continu et peu lumineux. Mais en interposant dans le circuit induit un condensateur de 40 à 50^{dcmq}, j'ai obtenu le beau spectre de lignes très net figuré ci-contre. C'est bien le même que signalèrent d'abord Plücker et Hittorf et qu'étudia M. Salet (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, t. XXVIII, p. 37); le mode de production, beaucoup plus simple, seul diffère.

» Voici les longueurs d'onde des raies principales, en regard des divisions micrométriques observées ($Na_\alpha = 100$). Les lettres grecques dési-

(1) Séances du 12 mars 1894, p. 591, et du 2 avril 1894, p. 746.

gnant les groupes sont celles du Mémoire de M. Salet, et la lettre *d* accompagnant un chiffre indique le milieu d'une double raie :

	87*d*...	(640) (638,5)	β	112......	(550,9)	ε	133.....	(503)	Bande	152	(469,5)	π	183,5	(429,3)
	89,3*d*.	(631) (630)	β	113,5...	(547,1)	ε	133,5...	(502,4)		à		π	185..	(428,4)
	90.....	(628,5)	β	114,2...	(545)	ε	134.....	(501,3)	Vague	161	(456)	π	186..	(427)
α	100,4...	(566,7)	β	115,3*d*.	(543,1) (542,7)	ε	134,5*d*.	(500) (500,8)		161	(455)	π	187..	(425,6)
α	106,6...	(566)	γ	118,5...	(534,3)	ε	135.....	(499,3)	μ	163....	(453,3)	ρ	197..	(416)
α	107*d*...	(564,7) (564)	γ	119,5...	(532)	ζ	138.....	(492,6)	μ	168....	(448,8)	ρ	à 200 à	(414)
α	108,5...	(561)	δ	124*d*...	(521,3) (520,2)	η	145.....	(481,4)	μ	170....	(446,3)			
	110.....	(556,4)		129....	(510,2)	θ	151,5...	(471,5)	Bande	182.	(431,5)			



» Les groupes du rouge et du vert ont un aspect strié qui les rend facilement reconnaissables. Pour tenir compte des principales raies de l'air dites de Masson (étincelle condensée) surtout dans le violet, où l'intensité des bandes est du même ordre, on a eu recours à la juxtaposition des deux spectres. Les groupes Sα, Sβ, Sγ sont très vifs avec un fort condensateur, l'intensité des raies le cède à peine à celle des métaux. Le groupe Sε, moins fort, se voit bien malgré α (500) de l'air dont il est difficile de se débarrasser. Les groupes Sδ, Sζ, Sη, Sθ sont bien visibles. Sμ l'est moins Sπ et Sρ sont assez diffus. La bande vague entre 152 (469,5) et 161 (456) se distingue difficilement de la bande ε de l'air (465) à (460).

» M'étant ainsi assuré de l'existence et de la position des raies du soufre dans les conditions où j'opérais, je les ai relevées dans les sulfures métalliques déjà étudiés, avec le dispositif expérimental déjà décrit (séance du 12 mars 1894, p. 591), mais en portant la surface du condensateur de 20^{dcq} à 50^{dcq}. Le spectre du minéral et celui du soufre, produit comme il a été dit, étaient juxtaposés dans le champ du spectroscope, au moyen d'un

prisme à réflexion totale, les deux étincelles étant prises dans le même circuit induit condensé. On constate ainsi le prolongement parfait des raies du soufre, d'un spectre à l'autre, pour tous les sulfures, sulfoantimoniures, sulfoarséniures étudiés. Les groupes Sα, Sβ, Sγ, Sδ, Sε, Sζ, Sη, Sθ sont les plus caractéristiques du soufre dans ses composés métalliques. Il est avantageux d'adapter à l'oculaire du spectroscope des volets à coulisse permettant de restreindre le champ et d'isoler une faible partie du spectre. Malgré cela, certaines raies métalliques étincelantes éteignent de leur irradiation les groupes S voisins, le spectre du soufre étant d'ailleurs représenté par toutes les autres raies. Voici quelques exemples :

» *Galène* PbS antimonifère. — Les groupes Sα et Sγ sont bien visibles malgré le voisinage des raies du plomb et de l'antimoine. Sβ, Sζ, Sη, Sθ, sont très nets; Sδ est effacée par l'éclat de Pbδ (520) et Sε par Pb (504) et Pbβ (500). Les groupes Sμ, Sπ et Sρ sont diminués par le voisinage des raies vives Pb (438), Pb (424), Pbα (405).

» La *Boulangérite* $3PbSSb^2S^3$, la *Jamesonite* $2PbSSb^2S^3$, la *Zinckenite* $PbSSb^2S^3$, donnent des spectres très voisins, avec une augmentation d'intensité des raies secondaires de l'antimoine, par exemple (471) qui se confond avec Sθ(471,5).

» La *Bournonite* $3(Pb, Cu^2)SSb^2S^3$ donne, en plus des raies précédentes, celles du cuivre dont l'éclat fait disparaître le groupe δ. Malgré toutes ces raies brillantes, le soufre est encore décelé facilement par les groupes Sα, Sβ, et surtout Sβ.

» La *Stibine* Sb^2S^3, peu conductrice, donne cependant en petits éclats, et grâce à la grande surface du condensateur, un spectre très compliqué où, malgré la présence des raies secondaires de l'antimoine, on distingue cependant Sα, Sβ, Sγ, Sε, Sζ.

» La *Chalcosine* Cu^2S; malgré la présence des raies vertes brillantes du cuivre qui masquent Sδ, on a facilement Sα, Sβ, Sγ, Sε, Sζ, Sη, Sθ. Les bandes violettes du cuivre diminuent Sμ et Sπ.

» L'*Enargite* $3Cu^2S, As^2S^5$ donne lieu aux mêmes observations, les raies de l'arsenic et aussi de l'antimoine souvent présent n'éteignant pas les groupes du soufre.

» La *Pyrite* FeS^2; malgré la multiplicité des raies du fer, on distingue bien Sα mêlé à Feθ et Sβ, Sη, Sθ bien nets. Pour plus d'exactitude, j'ai étudié avec une plus grande dispersion, au moyen d'un spectroscope à deux prismes, la partie verte entremêlée du double spectre. J'ai séparé ainsi facilement toutes les raies du soufre de celles du fer et de l'arsenic habituel dans les pyrites.

» La *Millérite* NiS fournit un beau spectre du nickel dont la complexité ne permet guère d'isoler que Sβ malgré le voisinage de Niα (571) et Sγ bien visibles.

» Le *Cinabre* HgS donne un bon spectre du soufre, bien que l'éclat de Hgα(546) masque en grande partie Sβ, et Hgβ(436), les groupes Sμ et Sπ, comme Hgδ(404,7) le groupe Sρ.

» L'*Argyrose* Ag^2S présente les groupes Sα et Sγ très vifs, mais Sβ et Sδ sont masqués par Agα(546,4) et Agβ(520,8), les raies bleues et violettes sont peu visibles.

» On reconnaît, par cette méthode, de faibles quantités de soufre. J'ai

trouvé ainsi dans le spectre du sélénium, donné commercialement comme pur, les groupes du soufre Sα et Sβ, et les raies de l'arsenic ([1]). »

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouvelles recherches sur les boracites bromées.* Note de MM. **G. Rousseau** et **H. Allaire**, présentée par M. Troost.

« Nous avons décrit antérieurement deux boracites bromées de fer et de zinc. Elles avaient été obtenues l'une et l'autre en faisant passer le brome en vapeurs sur un mélange de métal et de boronatrocalcite, chauffé au rouge ([2]).

» Cette méthode est générale. Elle nous a permis de réaliser la synthèse de toute la série des boracites bromées de la série magnésienne par une réaction parallèle à celle qui donne naissance aux boracites chlorées ([3]). Nous avons constaté en outre que la méthode de Heintz, qui n'avait réussi, lors de nos recherches sur les chloroboracites, que pour la reproduction du sel zincique, n'est également applicable qu'à la préparation des bromoboracites de magnésium et de zinc. Ajoutons que toutes ces boracites bromées cristallisent, comme les boracites chlorées correspondantes, en cubes, en tétraèdres ou en dodécaèdres, appartenant à la symétrie pseudocubique et agissant sur la lumière polarisée. Ces deux groupes de boracites substituées présentent donc une analogie complète de composition chimique, de propriétés optiques et cristallographiques, et se forment dans des conditions pareilles.

» *Boracite bromée de magnésium* $6MgO, 8Bo^2O^3, MgBr^2$. — Nous l'avons obtenue par deux méthodes :

» 1° On dispose un mélange intime de boronatrocalcite desséchée et de magnésium en poudre dans un tube de verre de Bohême que l'on couche ensuite sur une grille à analyse. Afin de modérer la réaction du brome sur le métal, on le dilue dans un grand excès d'hydrogène, condition qu'on réalise en faisant passer un courant assez rapide de ce gaz dans une cornue renfermant du brome, maintenu vers 30° ou 40° à l'aide d'un bain-marie. Dès que l'appareil est purgé d'air on porte graduellement la grille au rouge sombre. Il se forme ainsi de l'acide bromhydrique qui attaque le métal avec incandescence vers le rouge obscur. L'action se propage de proche en proche et

([1]) Ce Travail a été fait au laboratoire du regretté M. Salet, où M. Friedel a bien voulu me donner une hospitalité dont je tiens à le remercier ici.

([2]) *Comptes rendus,* 13 juin 1893.

([3]) *Ibid.,* 23 mai 1893 et 4 juin 1894.

finit par gagner l'extrémité postérieure du tube. A ce moment, on interrompt l'action du feu. Afin d'éviter un échauffement trop considérable de la masse et la destruction consécutive de la boracite, on baisse successivement la flamme des becs dans la zone où l'incandescence indique que la réaction commence.

» Malgré toutes ces précautions, l'opération échoue fréquemment; il se forme en outre des quantités notables d'une matière brune, décomposant l'eau avec une vive effervescence et qui paraît être du sous-oxyde de magnésium. La boracite formée est toujours accompagnée d'aiguilles prismatiques de borate de magnésium, dont on la débarrasse par une petite proportion de silice et d'oxyde de fer provenant du magnésium.

» 2° On obtient un produit beaucoup plus pur, d'après la méthode de Heintz, en chauffant au rouge, dans un creuset de platine, un mélange équimoléculaire de $MgBr^2$ et de NaBr avec un peu de borax et d'acide borique. La masse est soumise, après fusion, à un refroidissement lent dans un moufle. On la reprend par l'eau qui laisse un mélange de boracite cubique et de prismes de borate de magnésium que l'on traite par l'acide chlorhydrique froid.

» La boracite bromée de magnésium cristallise en cubes et en tétraèdres incolores.

» *Boracite bromée de zinc :* $6ZnO, 8Bo^2O^3, ZnBr^2$. — Nous avons décrit précédemment la préparation de ce corps par l'action du brome sur un mélange de boronatrocalcite et de zinc métallique. La méthode de Heintz nous ayant donné de bons résultats avec la chloroboracite de zinc, nous avons été conduits à reproduire par le même procédé la bromoboracite correspondante.

» On chauffe dans un creuset de platine un mélange à molécules égales de bromure de zinc et de bromure de sodium, puis on y incorpore une petite quantité de borax fondu et d'acide borique vitreux. Après un refroidissement lent on reprend la masse par l'eau.

» La boracite préparée dans ces conditions est constituée par un mélange de tétraèdres, de dodécaèdres et de cubes.

» *Boracite bromée de cadmium* $6CdO, 8Bo^2O^3, CdBr^2$. — Ce composé, ainsi que les suivants, a été obtenu par l'action du brome sur un mélange de boronatrocalcite desséchée et de métal en filets ou en fragments, chauffé au rouge sombre dans un tube de verre de Bohême à l'aide d'une grille à analyse. La masse refroidie était reprise par l'eau, puis on la purifiait par une digestion à froid dans l'acide chlorhydrique ou bromhydrique fumant. Ce traitement, indispensable pour les échantillons qu'on veut soumettre à l'analyse, corrode les faces des cristaux et leur fait perdre leur transparence; aussi convient-il, pour l'étude au microscope, d'employer le produit simplement lavé à l'eau.

» La boracite de cadmium cristallise en tétraèdres et en dodécaèdres incolores.

» *Boracite de manganèse* $6MnO, 8Bo^2O^3, MnBr^2$. — Comme la boracite chlorée correspondante, ce composé, préparé à l'aide du carbure de manganèse, est souillé par du carbone et des oxydes manganiques bruns. On le débarrasse des oxydes par un traitement à l'acide chlorhydrique concentré, et du carbone par des lévigations dans le bromoforme ou l'iodure de méthylène.

» La boracite de manganèse cristallise en cubes et en tétraèdres incolores.

» *Boracite de cobalt* $6CoO, 8Bo^2O^3, CoBr^2$. — Elle cristallise en tétraèdres et en dodécaèdres. Ces cristaux, comme ceux de la chloroboracite correspondante, sont verts par transparence et violets par réflexion.

» *Boracite de nickel* $6NiO, 8Bo^2O^3, NiBr^2$. — Ce produit, qui prend naissance dans les mêmes conditions que les boracites précédentes, est formé par des tétraèdres et des dodécaèdres de couleur jaune.

» A l'exception des bromoboracites de magnésium et de zinc obtenues par la méthode de Heintz, tous les composés que nous venons de décrire renferment environ 1 pour 100 de calcium isomorphiquement substitué, provenant de la boronatrocalcite employée dans la préparation.

» Nous publierons prochainement les résultats de nos recherches sur les boracites iodées. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Influence de la pression sur la combinaison de l'hydrogène et du sélénium*. Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. Troost.

« Quand un corps gazeux peut se combiner partiellement en vase clos à un corps solide ou liquide, pour donner un composé gazeux, le rapport qui existe à chaque température entre la pression partielle du composé dans le mélange gazeux et la pression partielle du composant gazeux dépend en général de la pression totale que supporte le système.

» La théorie de la dissociation indique cependant *que si le composé en question renferme un volume égal au sien du composant gazeux* (c'est le cas de l'acide sélénhydrique), *la pression n'a aucune influence sur la valeur du rapport considéré*.

» En opérant à 350° et à 440° avec des tubes scellés contenant du sélénium et dans lesquels la pression de l'hydrogène introduit était de 520^{mm}

et 940^{mm} de mercure, M. Ditte [1] a constaté qu'au bout d'un même nombre d'heures la quantité d'acide sélénhydrique formée dans le tube où la pression est la plus forte est supérieure de 1 à 3 pour 100 à celle que l'on trouve dans celui où la pression est la plus petite.

» Nous nous sommes proposé d'étudier l'influence de la pression en faisant varier celle-ci dans des limites plus étendues.

» Pour introduire dans un tube de verre un morceau de sélénium et de l'hydrogène sous une pression de plusieurs atmosphères, nous avons eu recours au procédé suivant : le tube contenant le sélénium est effilé aux deux extrémités. Il est mis en relation avec un appareil à hydrogène pur et lorsque l'air est complètement chassé, on ferme l'une des extrémités à la lampe.

» Le tube est placé verticalement, l'extrémité fermée en haut et l'on y comprime l'hydrogène. Quand on a donné au gaz la pression voulue, on chauffe légèrement le sélénium de manière à l'amener, à l'état liquide, à la partie inférieure du tube. On le laisse se solidifier en cet endroit ; il intercepte alors la communication entre le tube et l'appareil producteur d'hydrogène. On peut alors ramener la pression du gaz dans cet appareil à une valeur peu différente de celle de la pression atmosphérique, sans modifier la force élastique du gaz qui se trouve à l'intérieur du tube de verre. En dessous du bouchon de sélénium, on pourra donner un coup de chalumeau et fermer définitivement le tube.

» Nous avons pu, de cette manière, introduire dans des tubes de verre scellés du gaz hydrogène sous des pressions allant jusqu'à 5^{atm}.

» Voici les principaux résultats que nous avons obtenus relativement à la combinaison de l'hydrogène et du sélénium sous pression ;

» Quatre tubes chauffés à la même température, 620°, et dans lesquels la pression de l'hydrogène était 520^{mm}, 1270^{mm}, 1520^{mm} et 3016^{mm} de mercure ont donné respectivement, pour valeur du rapport de la pression partielle de l'hydrogène sélénié à la pression totale, les nombres 0,405, 0,4112, 0,42, 0,423.

» A la température de 575° pour des pressions de 678^{mm} et 1380^{mm} de mercure, les valeurs du rapport ont été 0,39 et 0,403.

» Enfin, à une température plus basse, 310°, sous des pressions de 580^{mm} et 1520^{mm}, nous avons obtenu les nombres 0,214 et 0,23.

» Ces résultats montrent bien, comme l'avait, du reste, fait remarquer M. Ditte, que *l'augmentation de pression accroît très légèrement la quantité*

---

(1) Ditte, *Annales de l'École Normale supérieure*, 2e série, t. I.

d'acide sélénhydrique produit à une certaine température; que, de plus, c'est à la température la moins élevée que cette influence se fait sentir davantage.

» Nous avons remarqué, en outre, que la pression a pour effet d'accroître la vitesse de la réaction.

» En somme, les nombres que nous avons obtenus montrent que les conclusions de la théorie de la dissociation sont sensiblement vérifiées par l'expérience, et cela d'autant mieux que la température est plus élevée [1]. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une réaction des aldéhydes. — Différenciation des aldoses et des cétoses.* Note de MM. **A. Villiers** et **M. Fayolle**, présentée par M. Henri Moissan.

« Schmidt a indiqué en 1848 une réaction des aldéhydes sur les solutions aqueuses de fuchsine décolorées par l'acide sulfureux. Il se produit, à froid, une recoloration immédiate, si l'aldéhyde est ajoutée en proportion notable, lente, s'il n'y en a que des traces très faibles. Cette réaction, d'une sensibilité assez grande pour déceler la présence des plus petites quantités d'aldéhydes, par exemple dans les alcools commerciaux, a été attribuée aussi bien aux aldéhydes qu'aux acétones. Et, en fait, l'acétone du commerce, même celle qui est vendue sous le nom d'*acétone pure* et bouillant à une température sensiblement fixe, la produit nettement.

» Ayant eu l'occasion de préparer de l'acétone absolument pure, nous avons rectifié, dans un appareil Claudon et Morin, 20^{lit} d'acétone pure de commerce. Nous avons ainsi obtenu 18^{lit} de liquide bouillant, sous une pression fixe, entre 55°,7 et 55°,9; les produits de tête et de queue bouillant eux-mêmes un demi-degré au-dessous et au-dessus. La portion principale a donné une coloration marquée, immédiatement avec 1^{cc} ou 2^{cc}, au bout de quelques minutes avec deux gouttes. Les produits de queue coloraient à peine le réactif; les produits de tête, au contraire, donnaient une coloration à peu près aussi intense que l'aldéhyde elle-même. Ayant ainsi constaté que la coloration produite par l'acétone allait en s'atténuant, à mesure que cette dernière était débarrassée des parties les plus volatiles, nous avons été conduits à penser que la réaction que l'on peut obtenir avec

(1) Ce travail a été fait à la Faculté des Sciences de Lille.

l'acétone devait être attribuée à des impuretés, et, pour nous en assurer, nous avons poursuivi la purification du produit.

» La portion principale obtenue par une première rectification a été combinée au bisulfite de soude et les cristaux ont été essorés. Un second traitement au bisulfite a été effectué sur l'acétone régénérée de sa combinaison par l'action d'une lessive de soude étendue, à l'ébullition. Les cristaux ont été essorés une seconde fois, et l'acétone régénérée de nouveau a été soumise à une seconde rectification. Le produit ainsi obtenu bouillait à une température constante. Nous avons constaté qu'il était sans action sur le réactif, du moins lorsque le volume d'acétone ne dépasse pas 1^{cc} ou 2^{cc} pour 5^{cc} de ce dernier. Au delà, on obtient encore, au bout d'une heure, une légère coloration, qui ne peut être évidemment attribuée qu'à des traces d'impuretés. Il nous paraît impossible d'éliminer ces dernières d'une manière absolument complète.

» Nous avons fait usage, dans ces essais, d'un réactif aussi sensible que possible, c'est-à-dire préparé sans excès d'acide sulfureux. La décoloration de la fuchsine, dans ces conditions, est très longue et n'est complète qu'au bout d'une journée ; mais le réactif ainsi préparé se recolore sous l'influence des moindres traces d'aldéhydes, telles que l'aldéhyde ordinaire, l'aldéhyde benzoïque. Les essais doivent être faits dans des tubes bouchés, car le réactif se recolore en rouge, par une exposition prolongée à l'air.

» Nous avons cru devoir signaler cette différence entre l'aldéhyde et l'acétone, surtout parce que la recoloration de la fuchsine décolorée par l'acide sulfureux a été à plusieurs reprises signalée comme une réaction de l'acétone, permettant de caractériser cette dernière, notamment dans certaines urines. En fait, bien que cette réaction ne soit due qu'à une impureté de l'acétone, elle nous paraît pouvoir encore, dans certains cas, être utilisée à ce point de vue, et nous pensons que toute urine contenant de l'acétone doit la produire, l'acétone se formant presque toujours en même temps que de l'aldéhyde. C'est ainsi que l'acétone synthétique, préparée récemment par M. Desgrez, par hydratation de l'allylène fourni par la décomposition de l'acide tétrolique, recolore encore légèrement le réactif, d'après les indications de l'auteur.

» L'emploi de la solution de fuchsine décolorée par l'acide sulfureux permet de vérifier la pureté de l'acétone. Pour que ce mode d'essai puisse être employé pratiquement, on devra se contenter d'ajouter une seule goutte d'acétone à quelques centimètres cubes du réactif.

» Cette réaction nous paraît aussi pouvoir permettre de différencier les aldéhydes des acétones. Nous avons constaté que, de même que l'acétone ordinaire, la méthyléthylacétone, suffisamment rectifiée, donnait un résultat négatif. Mais il serait nécessaire, avant de généraliser ce fait, d'étendre ces essais à un plus grand nombre d'acétones.

» Dès maintenant, nous pouvons affirmer qu'elle permet de différencier les sucres aldoses des sucres cétosiques. Le glucose, le sucre interverti, le galactose rougissent le réactif ainsi que les aldéhydes; il en est de même des dextrines réductrices. Nous avons, au contraire, constaté que deux échantillons de lévulose et de sorbine purs, que nous devons à l'obligeance de M. Jungfleisch et de M. Vincent, donnent un résultat tout à fait négatif. La réaction des sucres aldéhydiques est empêchée par la présence des acides; aussi doit-on employer un réactif préparé ainsi que nous l'avons dit plus haut, et opérer avec des liqueurs neutres dans un tube bouché. De plus, on doit faire agir une quantité de sucre assez grande, telle que 1^{gr} pour 10^{cc} à 12^{cc} de réactif. Dans ces conditions, la recoloration de la solution de fuchsine est aussi intense qu'avec les aldéhydes ordinaires, bien qu'elle se produise plus lentement.

» La réaction doit être essayée sur des sucres soigneusement purifiés; c'est ainsi que le lévulose tel qu'on l'obtient dans une première cristallisation contient encore assez de glucose pour donner très nettement la réaction des aldéhydes. Inversement, elle permet de vérifier la pureté des sucres cétosiques, ou, du moins, l'absence des sucres aldéhydiques. Cependant, la sensibilité du réactif est moins grande pour les sucres aldéhydiques que pour les aldéhydes telles que l'aldéhyde ordinaire.

» Les saccharoses tels que le sucre ordinaire, le maltose, le lactose, ne donnent pas de coloration, bien qu'ils soient formés en totalité ou en partie par des glucoses aldéhydiques et que les deux derniers possèdent aussi un pouvoir réducteur. On n'observe aucune coloration du réactif après quelques heures, alors que les sucres aldéhydiques ont produit une coloration intense. Après plusieurs jours, la coloration se développe indiquant un dédoublement produit à froid par l'action de l'eau avec formation de glucoses aldéhydiques. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les substitutions de radicaux alcooliques liés au carbone et à l'azote.* Note de M. C. MATIGNON.

« Dans le dernier numéro du *Journal für praktiche Chemie* (1), MM. Stohmann et Langbein adressent une réclamation au sujet de la loi relative à la variation de la chaleur de combustion d'un corps dans lequel on effectue une substitution alcoolique liée au carbone ou à l'azote. Je demande à l'Académie la permission de rappeler ce que je disais en présentant mon travail :

» En poursuivant l'étude thermochimique des uréides, je suis arrivé, il y a près de six mois, à la loi suivante : *La substitution d'un radical alcoolique lié à l'azote augmente la chaleur de combustion d'une quantité plus grande que la substitution du même radical lié au carbone.* J'attendais, pour communiquer ce résultat, qu'il fût confirmé par un plus grand nombre d'expériences ; mais la publication d'un travail de MM. Stohmann et Langbein, où la même loi se trouve énoncée, m'oblige à donner de suite les nombres qui m'y ont conduit (2).

» J'ajouterai que MM. Stohmann et Langbein énoncent la loi précédente sous la forme d'une simple remarque et sans y ajouter le moindre développement (3) ; au contraire, dans la Note précédente publiée aussitôt que j'eus connaissance des travaux de ces savants, j'insiste sur l'importance de cette loi, en même temps que je montre par un exemple les applications dont elle est susceptible. Depuis, je l'ai utilisée pour établir que l'acide désoxyamalique de M. Fischer était l'acide tétraméthylhydurilique (4) ; pour différencier les amines primaires, secondaires et tertiaires, pour l'étude et la prévision des migrations moléculaires (5) ; je l'ai généralisée et j'ai montré qu'elle s'appliquait aux substitutions nitrées, ce qui m'a permis de déduire quelques conséquences relatives aux explosifs (6) ; enfin, j'ai montré qu'une loi analogue existait pour les liaisons avec l'oxy-

(1) T. XLIX, p. 490; 1894.
(2) *Comptes rendus,* t. CXIII, p. 550.
(3) *Journal für praktiche Chemie,* t. XLIV, p. 393.
(4) *Comptes rendus,* t. CXVI, p. 642.
(5) *Annales de Chimie et de Physique,* 6e série, t. XXVIII, p. 498 à 512.
(6) *Comptes rendus;* t. CXIV, p. 1197.

gène et que, d'une façon générale, la substitution d'un radical alcoolique augmente la chaleur de combustion du composé d'une quantité d'autant plus grande que le poids atomique du corps qui sert de liaison est plus élevé ([1]). »

Remarques sur la Note précédente; par M. **Berthelot**.

« Dès l'origine de mes recherches sur la chaleur de formation des composés organiques, j'ai distingué la chaleur de formation des composés éthérés et celle des corps homologues, qui leur sont isomériques : les premiers étant regardés comme des *composés secondaires*, c'est-à-dire facilement dédoublables et formés avec des dégagements de chaleur faibles ou nuls, depuis l'alcool générateur et l'autre composant; tandis que les seconds étaient désignés comme des *composés unitaires*, difficiles à dédoubler, et formés avec des dégagements de chaleur plus considérables depuis les mêmes composants et, par conséquent, depuis les éléments : ces lois ont été particulièrement développées (p. 98 et p. 102 à 106) dans une *Leçon sur l'Isomérie*, professée en 1863 devant la Société chimique de Paris, et publiée dans ses Recueils ([2]).

» Si nous exprimons par des formules atomiques ces relations, — ce qui n'ajoute rien d'essentiel à leur existence, ou à leur interprétation générale, — nous pouvons dire que, dans les composés unitaires, le méthyle, et plus généralement le radical alcoolique est lié directement au carbone, tandis que, dans les composés éthérés, le radical alcoolique est lié avec l'oxygène ou l'azote, etc. D'après ce qui précède, la chaleur de formation des premiers est supérieure en général à celle des seconds, et, par conséquent, la chaleur de combustion des seconds l'emporte sur celle des premiers. Tel est le cas de la méthylaniline, véritable éther de l'aniline, ainsi que la chose est d'ailleurs reconnue d'après sa synthèse par l'alcool méthylique et son dédoublement par l'acide iodhydrique en ammoniaque, benzène et formène; tandis que les toluidines régénèrent uniquement du toluène et de l'ammoniaque. C'est ce qu'exprime la notation atomique, en disant que

---

([1]) *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. IX, p. 562.

([2]) Voir aussi mes *Leçons sur les méthodes de synthèse*, professées au Collège de France, p. 250, en 1864; chez Gauthier-Villars; et *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. VI, p. 342 et 355, 1865.

le méthyle est lié à l'azote dans la méthylaniline, tandis que le méthyle est lié au carbone (du groupe benzénique) dans la toluidine.

» Enfin la benzylamine réalise l'union du méthyle, à la fois avec le carbone et l'azote.

» En raison de l'intérêt qui s'attache à ces isomères et à leur définition thermochimique, j'ai prié M. Petit, qui travaillait dans mon laboratoire en 1888, de mesurer la chaleur de combustion de ces divers alcalis, et par conséquent leur chaleur de formation depuis les éléments. Ce savant a obtenu (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. XVIII, p. 149 et suivantes) les valeurs suivantes pour les chaleurs de formation :

Toluidine para	$+9^{Cal},7$ (cristallisée), d'où...	$+7^{Cal}$ environ liquide.	
» ortho	»	....	$+3,8$ liquide.
» méta	»	....	$+2,9$ liquide.
Benzylamine	»	....	$-0,1$ liquide.
Méthylaniline	»	....	$-5,5$ liquide.

» On voit que la chaleur de formation la plus faible de toutes est celle de la méthylaniline, dérivé éthéré, et la plus forte, celle des toluidines, la benzylamine étant intermédiaire : ce qui est conforme à la loi annoncée, d'après la théorie des composés éthérés.

» Ces relations, signalées il y a bien des années d'une manière générale, n'étaient pas purement théoriques; car elles ont été précisées dès le début par la comparaison thermique des éthers avec les acides gras isomériques et, plus récemment, dans le cas particulier des alcalis aromatiques, par les expériences de M. Petit.

» Leur étude a été continuée, à partir de 1889, par M. Matignon, qui a succédé à M. Petit dans mon laboratoire; il a suivi une voie originale pour approfondir un problème déjà soulevé, aussi bien que MM. Stohmann et Langbein, qui développent avec tant de zèle et de succès l'étude thermochimique des combinaisons organiques. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la picéine, glucoside des feuilles du sapin épicea* (pinus picea). Note de M. **Tanret.**

« La précipitation des glucosides par des sels neutres, suivie d'un traitement par des solvants appropriés, est un mode de préparation que j'ai

précédemment indiqué pour les vincétoxines et l'aurantiamarine [1]. Ce procédé est susceptible d'une certaine généralisation : appliqué, en effet, aux feuilles du sapin épicéa (*pinus picea*), il vient encore de me permettre d'en retirer plusieurs glucosides nouveaux, dont l'un, la *picéine*, fera l'objet de cette Note.

» *Préparation.* — Des ramilles de sapin finement hachées sont traitées par de l'eau bouillante, additionnée de bicarbonate de soude à raison de 5^{gr} par kilogramme de ramilles. Après quelques instants d'ébullition et une macération de vingt-quatre heures, on précipite la liqueur successivement par l'extrait de saturne et l'acétate de plomb ammoniacal, en ne gardant que le dernier précipité, qu'on décompose par l'acide sulfurique; puis, après filtration et neutralisation exacte par la magnésie, on évapore en sirop clair. On dissout dans celui-ci encore chaud le tiers de son poids de sulfate de magnésie, puis on l'épuise avec de l'éther acétique. Quand ce dernier, chargé de glucosides, s'est éclairci, soit par un repos suffisant, soit à la suite d'une forte agitation avec du bicarbonate de soude, on le distille; on reprend le résidu par de l'alcool, on l'évapore de nouveau à siccité pour chasser complètement l'éther, puis on le redissout ou simplement même on le délaye, selon les cas, dans son poids d'alcool absolu chaud. La liqueur ne tarde pas à se prendre en une masse pâteuse qu'on essore à la trompe et qu'on lave à l'alcool absolu. Celui-ci entraîne en solution un ou plusieurs glucosides amorphes (dont l'étude sera faite ultérieurement). Quant au résidu laissé par l'alcool, on le redissout dans l'alcool absolu bouillant ou dans l'eau bouillante. Par refroidissement, la solution abandonne une superbe cristallisation de *picéine*.

» Le rendement en picéine a varié de février à mai de 3^{gr} à $0^{gr},50$ par kilogramme de ramilles. Le bois et l'écorce n'ont donné que des glucosides amorphes.

» *Composition.* — La picéine cristallise dans l'eau avec une molécule d'eau. Sa composition [2] est représentée par la formule $C^{14}H^{18}O^7, H^2O$.

» La picéine est anhydre quand elle se dépose de sa solution dans l'alcool absolu.

» *Propriétés physiques.* — La picéine, hydratée ou anhydre, cristallise en aiguilles prismatiques soyeuses, solubles dans 1 partie d'eau bouillante et dans 50 parties à 15°; dans 20 parties d'alcool à 70°, 68 parties à 90° et 534 parties d'alcool absolu à froid (15°); 33 parties d'alcool absolu bouillant et 123 parties d'éther acétique à 15°. Elle est insoluble dans l'éther et le chloroforme. Sa saveur est amère.

» La picéine est lévogyre : $a_D = -84°$ en solution dans l'eau et $a_D = -78°$ en solution dans l'alcool à 70° [3].

---

(1) *Comptes rendus*, t. C et CII.

(2) Trouvé pour le produit séché à 100° : $C = 56,32$ et $56,38$; $H = 6,20$ et $6,28$. Calculé : $C = 56,37$, et $H = 6,04$. Eau trouvée : 6,10 pour 100; calculé : 5,69.

(3) Avec l'eau : $p = 2^{gr},50$; $v = 60^{cc}$; $a = -7°$; $t = 35°$. Avec l'alcool : $p = 1^{gr}$; $v = 25^{cc}$; $a = -6°30$; $t = 15°$.

» La picéine anhydre fond à 194°.

» *Réactions.* — Sous l'influence de l'émulsine la picéine fixe une molécule d'eau et se dédouble en glucose $C^{6}H^{12}O^{6}$ et picéol (1) $C^{8}H^{8}O^{2}$ selon l'équation



$$C^{14}H^{18}O^{7} = H^{2}O = C^{6}H^{12}O^{6} + C^{8}H^{8}O^{2}.$$

» Les acides étendus produisent le même dédoublement, mais, contrairement à ce qui se passe pour la saligénine et l'alcool coniférylique, ce picéol cristallise aussi bien que celui que donne l'émulsine.

» Projetée en petite quantité dans l'acide sulfurique concentré la picéine s'y dissout avec une coloration brun rougeâtre à peine sensible. Or, on sait que des traces de coniférine donnent, avec l'acide sulfurique, une coloration violette intense. On a donc là une réaction différentielle des deux glucosides des plus nettes.

» La picéine n'est précipitée ni par le tannin, ni par le sous-acétate de plomb. Elle donne avec l'acétate de plomb ammoniacal un précipité qui répond à la formule $C^{14}H^{14}PbO^{7}$.

» Le sulfate de magnésie la précipite de ses solutions, mais sans s'y combiner.

» Bien que peu soluble dans l'eau froide, elle s'y dissout néanmoins abondamment en présence des glucosides amorphes qui l'accompagnent dans les feuilles d'épicéa. J'ai déjà signalé un fait semblable pour la vincétoxine insoluble et l'hespéridine, dont la vincétoxine soluble et l'aurantiamarine sont les dissolvants naturels.

» La picéine chauffée avec l'anhydride acétique et un fragment de chlorure de zinc donne un éther tétracétique $(C^{14}H^{10}O^{3})(C^{2}H^{4}O^{2})^{4}$. Cet éther, qui est cristallisé et soluble dans l'éther, fond à 170°. La *picéine* est donc en même temps éther et alcool.

» *Picéol.* — Le picéol $C^{8}H^{8}O^{2}$ fond à 109°. Il est soluble dans 100 parties d'eau à 15° et dans 14 parties d'eau bouillante. Cette dernière solution en refroidissant le laisse déposer en gouttelettes qui, peu à peu, se transforment en cristaux. Il est coloré en violet par le perchlorure de fer.

» Le picéol se dissout dans les solutions de carbonates alcalins sans en déplacer l'acide carbonique; avec les alcalis caustiques, il forme des composés cristallisés décomposables par l'acide carbonique, mais non par l'eau; il a pu, d'autre part, être combiné aux acides acétique et benzoïque.

---

(1) Trouvé : C = 70,80 et H = 6,15. Calculé : C = 70,59 et H = 5,88.

Le picéol se comporte donc comme un phénol et, j'ajouterai, comme un phénol monoatomique. Son composé barytique répond, en effet, à la formule $(C^8H^8O^2)^2BaO$, et son éther benzoïque (¹), qui fond à 134°, à $(C^8H^8O)(C^7H^6O^2)$.

» L'étude du nouveau glucoside sera complétée dans une prochaine Communication. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de l'hydrogène et de l'hydrogène proto-carboné dans l'azote résidual du sang.* Note de M. **L. de Saint-Martin.**

« La présence de l'hydrogène et de l'hydrogène proto-carboné dans les atmosphères closes où ont longuement séjourné les animaux et surtout les herbivores avait été mise en évidence par les travaux de MM. Regnault et Reiset [2]. L'opinion généralement admise était que ces gaz proviennent du tube intestinal, lorsque, en 1884, Tacke démontra que les lapins trachéotomisés exhalent directement par le poumon des quantités notables de ces deux gaz (plusieurs centimètres cubes de chacun d'eux par heure et par kilogramme d'animal) [3]. Que l'hydrogène et le gaz des marais ainsi reconnus proviennent des tissus ou, ce qui est plus probable, d'une résorption intestinale, ils ont nécessairement traversé l'appareil circulatoire et leur présence dans le sang devenait certaine bien que difficile à prouver, en raison de leur très faible quantité.

» M. Gréhant, le premier, vient d'annoncer qu'il avait trouvé, à l'aide de son ingénieux grisoumètre, une petite quantité d'hydrogène dans l'azote résidual des gaz extraits du sang de chien. De mon côté, après avoir répété et vérifié les expériences de Tacke, j'avais entrepris de rechercher les mêmes gaz dans le sang, et les résultats que j'ai obtenus confirment et complètent le fait annoncé par M. Gréhant. J'ai opéré sur le sang de bœuf afin de pouvoir agir sur une grande masse de sang provenant d'un animal herbivore.

» Dans chaque expérience, j'épuise de ses gaz, au moyen de la pompe à

---

(1) Trouvé : C = 74,61 et 74,79, H = 5,29 et 5,19; calculé C = 75 et H = 5.

(2) Regnault et Reiset, *Ann. de Physique et de Chimie,* 5e série, t. XXVI; 1849. — A. Reiset, *Recherches pratiques et expérimentales sur l'Agronomie,* Paris; 1863.

(3) Tacke, *Ber. d. deutsch. chem.* (*Ges.*, t. 17, p. 1827; 1884).

mercure, en deux fractions chacune de 500^{cc}, un litre de sang de bœuf défibriné aussi frais que possible. Les gaz dégagés par le vide sont recueillis sur le mercure dans une grande éprouvette garnie de 4^{cc} de potasse qui absorbe au fur et à mesure l'acide carbonique. On les prive ensuite de l'oxygène au moyen de l'hydrosulfite de soude; l'emploi d'une solution alcaline d'acide pyrogallique, pour cet usage, doit être évité, parce que ce réactif est susceptible d'introduire dans l'azote résidual des traces sensibles d'oxyde de carbone. Le phosphore à froid, que j'avais d'abord essayé dans le même but, a pris feu dans ce mélange gazeux très riche en oxygène, accident qui a fait perdre l'expérience.

» Après l'action de l'hydrosulfite de soude, le résidu gazeux, dès lors réduit à 15^{cc} ou 20^{cc}, exhale une forte odeur caractéristique de triméthylamine. Il est peu probable que cet alcali préexiste dans le sang; M. Dessaignes ([1]), du reste, avait déjà signalé sa présence dans le sang de veau, quelques heures après sa sortie de la veine.

» Aussi, avant de soumettre le résidu gazeux aux essais eudiométriques, est-il nécessaire de l'agiter avec quelques gouttes d'acide sulfurique au cinquième, et de le mettre encore une fois en présence de la potasse et de l'hydrosulfite de soude.

» Voici les résultats de deux analyses eudiométriques, exécutées, d'après la méthode de Doyère, sur les résidus gazeux ainsi obtenus, chacun d'eux provenant d'un litre de sang de bœuf défibriné introduit dans la pompe une heure environ après l'abatage.

	I.	II.
Volume du résidu gazeux (Az, etc.)	$17^{cc},28$	$15^{cc},43$
» après l'addition d'oxygène pur	23,22	20,86
» après l'addition de gaz de la pile	32,08	29,93
» après l'explosion	20,96	18,24
» après l'action de la potasse	20,18	17,47
» après l'addition d'hydrogène de la pile	31,32	27,87
» après la seconde explosion	19,16	17,35

» Dans la première analyse il y a eu production de 0^{cc},78 de CO^2 avec une contraction de 2^{cc},26 et consommation de 1^{cc},89 d'oxygène. Ces chiffres conduisent à 0^{cc},78 de C^2H^4 et à 0^{cc},46 d'hydrogène. L'oxygène consommé est de 1^{cc},89. Calculé 1^{cc},79.

» Dans la seconde analyse il y a eu production de 0^{cc},77 de CO^2 avec

([1]) Dessaignes, *Journal de Pharmacie*, 3e série, t. XXXII, p. 43.

une contraction de $2^{cc},62$ et une consommation de $1^{cc},92$ de O. Ces chffires correspondent à $0^{cc},77$ de C^2H^4 et à $0^{cc},72$ de H. L'oxygène consommé est de $1^{cc},92$. Calculé $1^{cc},90$.

» En résumé un litre de sang de bœuf a fourni (chiffres réduits à 0° et à 760) :

	I.	II.
Hydrogène................	$0^{cc},41$	$0^{cc},64$
Hydrogène protocarboné....	$0^{cc},69$	$0^{cc},68$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfurique sur le camphène.* Note de MM. G. Bouchardat et J. Lafont.

« L'acide sulfurique concentré réagit énergiquement sur le camphène comme sur les térébenthènes et les terpilènes de même formule; mais cette action présente de grandes différences. Elle est moins violente, il se dégage une bien moindre quantité de chaleur, les produits formés sont dissemblables, appartenant à des groupes doués de fonctions chimiques autres.

» Nous avons ajouté goutte à goutte au camphène inactif par compensation, le dixième de son poids d'acide sulfurique monohydraté. On refroidit pour éviter les actions secondaires, et en particulier la formation abondante de polymères $n.C^{20}H^{16}$, qui se produisent toujours en faible quantité en opérant dans les meilleures conditions.

» L'acide sulfurique donne aussitôt, avec le camphène solide, un liquide homogène à peine coloré, sans séparation de matières résineuses acides, brunes, que l'on observe toujours en opérant avec les térébenthènes ou les citrènes. Après un contact de vingt-quatre heures, le produit a été agité et lavé à grande eau.

» Les combinaisons formées primitivement par l'union de l'acide sulfurique et du carbure sont en grande partie détruites par l'action de l'eau. Cependant ces eaux de lavage renferment une petite quantité d'un acide sulfoconjugué.

» L'acidité de ces eaux de lavage, dans le cas le plus favorable, n'a été que des trois quarts de l'acidité correspondant à l'acide sulfurique ajouté; presque la même dans d'autres opérations.

» Le sel de baryte de l'acide ainsi formé étant très peu soluble se précipite avec l'excès de sulfate de baryte. Il est très facilement décomposable par l'eau, l'eau alcaline surtout, de même que les sels correspondants de soude et de potasse. Le résidu de l'évaporation finit par noircir et ne

donner que de l'acide sulfurique et des sulfates; pendant l'évaporation, il se dégage une odeur camphrée intense.

» Les eaux de lavage acides saturées par un excès de soude et distillées donnent de l'eau qui entraîne un composé cristallin insoluble à l'eau, constitué par du *bornéol de camphène inactif,* fusible à 210°, donnant par oxydation du camphre inactif. Ce bornéol $C^{20}H^{18}O^2$ provient de la décomposition par l'alcali d'un acide camphéno-sulfurique qui semble être le produit normal primitif de l'action de l'acide sur le camphène. La proportion de bornéol ainsi obtenue est faible.

» La partie huileuse surnageant les eaux acides a été soumise à l'action d'un courant de vapeur d'eau qui en entraîne les deux tiers environ, 100^{gr} pour 165 du camphène mis en réaction. C'est du camphène inaltéré renfermant des traces de bornéol et qui, traité à nouveau par l'acide sulfurique, a donné les mêmes produits.

» L'huile privée de camphène est très épaisse, elle dépose une abondante matière cristalline que l'on isole par un essorage et des cristallisations dans l'éther qui la dissout abondamment. Les cristaux obtenus de la solution éthérée sont en trémies d'apparence rhomboédrique ou en longs prismes cannelés à faces brillantes, à cassure vitreuse; leur composition répond à la formule $C^{40}H^{34}O^2$; carbone 83,3; 83,37; 82,8; hydrogène 11,7; 12,3; 11,8.

» Ils fondent à 90°-91°; ils distillent à 322° sous la pression normale sans notable décomposition, la masse se reprend totalement par refroidissement. Le brome forme avec cette substance un composé d'addition peu stable qui laisse la substance inaltérée après la volatilisation du brome. Le perchlorure de phosphore est sans action à froid sur ses solutions dans l'éther de pétrole. Les solutions chlorhydriques saturées à 0° n'agissent pas sensiblement sur ce corps à 100°; à 150° elles le transforment en chlorydrate de camphène $C^{20}H^{17}Cl$. L'acide nitrique concentré l'attaque très difficilement à l'ébullition en donnant du camphre inactif $C^{20}H^{16}O^2$. L'acide nitrique fumant l'attaque à froid et donne du camphre. Les solutions concentrées d'acide chromique dans l'acide acétique l'oxydent en donnant le même camphre. L'anhydride acétique est presque sans action, à 200° il y a formation d'un peu de camphène $C^{20}H^{16}$. Toutes ces réactions indiquent que c'est l'*éther mixte du bornéol de camphène inactif* $C^{20}H^{16}(C^{20}H^{18}O^2)$.

» Les huiles qui imprègnent les cristaux de ce corps, soumises à la distillation sous pression réduite à 2^{cm}, donnent un peu de camphène, du bornéol de camphène, et surtout des huiles passant de 206 à 218; la frac-

tion 209-212 dépose d'abondants cristaux, identiques aux précédents. Les fractions supérieures incristallisables donnent à l'analyse des chiffres intermédiaires entre ceux du carbure $C^{40}H^{32}$ et du corps $C^{40}H^{34}O^2$. Elles renferment un peu de polymère du camphène, elles sont vivement attaquées par l'acide nitrique chaud comme ce polymère, et donnent du camphre par une oxydation prolongée, camphre provenant de l'oxydation de l'éther $C^{40}H^{34}O^2$.

» Les produits de l'action de l'acide sulfurique sur le camphène sont donc : 1° l'*éther du bornéol de camphène inactif*, produit principal; 2° l'acide *bornéol sulfurique* donnant par saponification ultérieure du *bornéol de camphène inactif;* 3° enfin un peu de *polymères* du *camphène*, le plus abondant est $C^{40}H^{32}$; la proportion en est d'autant plus élevée que l'addition de l'acide a été plus rapidement faite et plus abondante. L'action de l'acide sulfurique sur le camphène est donc très comparable à celle du même acide sur l'éthylène, très différente de son action sur le citrène, qui ne fournit que des polymères, ou sur les térébenthènes, qui forment à la fois des carbures isomères et polymères très abondants, et des composés sulfuriques neutres très stables.

» Nous avons produit le même éther du bornéol, mais en faible proportion, en traitant le camphène par l'acide acétique cristallisable, additionné d'acide sulfurique, le produit principal dans ce cas étant l'éther bornéolacétique du *bornéol de camphène.* »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés bromés de l'éthylène perchloré.* Note de M. A. **Besson**, présentée par M. Troost.

« La théorie permet de prévoir l'existence de chlorobromures du type C^2X^4 présentant les compositions suivantes : C^2Cl^3Br, $C^2Cl^2Br^2$, C^2ClBr^3. Le premier de ces corps n'a pas été signalé. M. Bourgoin (*Bulletin de la Société chimique de Paris*, 1875) a publié la préparation d'un composé répondant à la seconde formule; enfin, Denzel a préparé le dernier de ces corps.

» Je me suis proposé d'obtenir ces chlorobromures par substitution du brome au chlore dans l'éthylène perchloré C^2Cl^4; cette substitution se fait aisément au moyen du bromure d'aluminium, ajouté en quantité convenable à l'éthylène perchloré. La réaction, exigeant une faible élévation de température, doit être faite au bain-marie et dans un gaz inerte. Quand

elle est terminée, on traite avec précaution par l'eau pour détruire le chlorure d'aluminium formé dans la réaction, on filtre à la trompe, puis séparant l'eau de lavage, on sèche le liquide restant sur du chlorure de calcium. On distille ensuite dans le vide pour éviter la décomposition des produits les plus bromés, en recueillant tout d'abord ce qui passe jusqu'à 100°; cette portion peut alors être fractionnée dans l'air sans inconvénient et on en retire successivement :

» 1° Un liquide qui distille de 145°-148° et présente à l'analyse la composition C^2Cl^3Br.

Poids de matière $0^{gr},512$	$AgCl + AgBr = 1^{gr},498$ $AgCl + AgCl = 1^{gr},393$	Ag { Cl, Br } p. 100 292,6	Cl p. 100 50,98 Br p. 100 36,82
	Calculé pour C^2Cl^3Br	Ag { Cl, Br } p. 100 293,8	Cl p. 100 50,60 Br p. 100 38

» Il se solidifie sous l'influence du froid et le solide obtenu fond de —12° à —13°; densité 2,02 à 15°. Le brome est sans action sur ce corps à l'obscurité, même à la température de 100°, mais, en présence de la lumière solaire, la combinaison est totale au bout de quelques heures.

» Le composé résultant de cette combinaison est un solide blanc sublimable, sans décomposition dans le vide; cette sublimation commence à se produire à 100° en donnant de petits cristaux prismatiques, mais elle ne devient active que vers 125°. Il fond à 178°-180°, mais avec décomposition partielle et mise en liberté du brome; densité 2,44 à 18°. Ce corps dont la composition est, comme le fait prévoir sa genèse, représentée par la formule $C^2Cl^3Br^3$, n'avait pas encore été obtenu; l'analyse suivante suffit à fixer sa composition :

Poids de matière $0^{gr},499$	$AgCl + AgBr = 1^{gr},340$ $AgCl + AgCl = 1^{gr},161$	Ag { Cl, Br } p. 100 268,6	Cl p. 100 28,95 Br p. 100 64,47
	Calculé pour $C^2Cl^3Br^3$	Ag { Cl, Br } p. 100 268,4	Cl p. 100 28,74 Br p. 100 64,78

» 2° Un liquide distillant de 169°-171°, dont la composition, représentée par $C^2Cl^2Br^2$, est justifiée par l'analyse suivante :

Poids de matière $0^{gr},651$	$AgCl + AgBr = 1^{gr},701$ $AgCl + AgCl = 1^{gr},477$	Ag { Cl, Br } p. 100 261,3	Cl p. 100 28,69 Br p. 100 61,84
	Calculé pour $C^2Cl^2Br^2$	Ag { Cl, Br } p. 100 260	Cl p. 100 27,84 Br p. 100 62,74

» Ce liquide se solidifie sous l'action du froid en donnant ainsi un corps solide fondant de +1° à +2°; densité 2,35 à 15°.

» Comme je l'ai dit précédemment, M. Bourgoin a signalé la préparation d'un corps de même composition en réduisant le chlorobromure

$C^2Cl^4Br^2$ par l'aniline à 100°, ce chlorobromure $C^2Cl^4Br^2$ ayant été obtenu par l'action du chlore sur le bromure d'acétylène $C^2H^2Br^4$. Après réaction de l'aniline, l'auteur recueille ce qui distille jusqu'à 170°; puis, dans une nouvelle distillation il rejette ce qui passe au-dessous de 130° et purifie enfin le corps par solidification dans un mélange de glace et de sel marin, en éliminant la partie restée liquide. L'auteur ne donne malheureusement aucune constante physique caractéristique de son composé et dit seulement que tout est fondu à 0°, tandis que le corps que j'ai obtenu ne se liquéfie pas dans la glace fondante. Rien ne s'oppose d'ailleurs à l'existence de deux combinaisons de même composition, car la théorie permet de prévoir deux corps différents $C^2Cl^2Br^2$, représentés par les schémas suivants :



$$\begin{matrix} C = Cl^2 \\ \| \\ C = Br^2 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} C = ClBr \\ \| \\ C = ClBr \end{matrix}$$

» La fixation de brome sur $C^2Cl^2Br^2$ se produit encore à la lumière solaire, mais elle est beaucoup plus lente que pour C^2Cl^3Br; il en résulte un corps solide blanc, sublimable dans le vide sans décomposition vers 150°, fusible avec décomposition de 194°-195°.

» Il présente à l'analyse la composition $C^2Cl^2Br^4$; on a déjà décrit un corps de même composition fondant vers 180°, mais on sait qu'il peut exister deux isomères dérivant des deux schémas précédents.

» L'oxygène ozonisé se fixe directement sur $C^2Cl^2Br^2$ comme sur C^2Cl^4, mais plus difficilement; car, bien que le liquide fût maintenu à la température de 50°, une partie de l'ozone échappait à la réaction; l'ozone, dans son action sur C^2Cl^4, donnant des quantités notables de $COCl^2$, j'avais espéré obtenir avec $C^2Cl^2Br^2$ un mélange de $COCl^2$ et $COBr^2$: ces prévisions n'ont pas été confirmées, car, tandis qu'il se dégage bien en effet $COCl^2$, le brome est mis en liberté, et, s'unissant ultérieurement à $C^2Cl^2Br^2$ donne le corps solide $C^2Cl^2Br^4$ que l'on peut séparer en majeure partie du liquide par cristallisation sous l'action du froid. Le liquide restant, d'odeur désagréable rappelant celle du chlorure de trichloracétyle, fume à l'air et contient une fraction distillant vers 150°, mais que je n'ai pu séparer à l'état de pureté; cependant le produit de l'action de l'eau nous renseignera sur sa nature. Une petite quantité d'eau le décompose en effet, avec formation d'un corps solide blanc déliquescent, à réaction acide, sublimable dans le vide sans décomposition; il correspond à la formule $\begin{matrix} CClBr^2 \\ | \\ CO.OH \end{matrix}$; il faut donc admettre que le corps dont il dérive est $\begin{matrix} CClBr^2 \\ | \\ COCl \end{matrix}$.

Cette réaction est d'ailleurs en tout semblable à celle que l'ozone donne avec C^2Cl^4 avec formation de chlorure de trichloracétyle.

» Je rappellerai à cette occasion que Demole (*Comptes rendus* 1878) a pu fixer directement l'oxygène à une température qui ne dépassait pas 55°, sur l'éthylène bibromé $C^2H^2Br^2$ et a obtenu un corps analogue $\begin{matrix} CH^2Br \\ | \\ COBr \end{matrix}$.

» Le présent travail avait pour but principal la préparation des deux produits de substitution C^2Cl^3Br et $C^2Cl^2Br^2$ que je viens de décrire; cependant, on trouve déjà dans la partie liquide ayant distillé dans le vide à 100° une quantité notable du troisième terme de substitution C^2ClBr^3, obtenu précédemment par Denzel par la décomposition du corps C^2HClBr^4. Il est hors de doute enfin que la substitution totale conduisant à l'éthylène perbromé C^2Br^4 puisse s'obtenir en présence d'une quantité suffisante de bromure d'aluminium, mais quand on aura cette préparation en vue, il conviendra d'éviter une élévation trop considérable de température pendant la préparation, car, sans cette précaution, du brome mis en liberté s'unit ultérieurement aux produits de substitution et l'on obtient une masse solide renfermant des chlorobromures correspondant au type C^2X^6 et dont la séparation présente des difficultés insurmontables. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur de nouvelles combinaisons organo-métalliques.* Note de M. G. **Périer**, présentée par M. Friedel.

« Dans plusieurs Communications précédentes [1], j'ai montré que le chlorure d'aluminium anhydre se combine avec un certain nombre de corps appartenant à la série aromatique, pour donner des composés de la formule générale $[R]^2Al^2Cl^6$; [R] désignant une acétone, un chlorure d'acide, un éther, etc. Cette propriété s'étend également aux amines, amides et à leurs produits de substitution.

» *Chlorure d'aluminium et acétanilide.* — Lorsqu'on chauffe légèrement un mélange de 2 molécules d'acétanilide et de 1 molécule de chlorure d'aluminium anhydre, récemment préparé, il se produit une réaction violente, donnant naissance à un liquide bien homogène qui, par refroidissement, se prend en une masse jaune translucide. Ce nouveau corps s'est formé sans dégagement sensible d'acide chlorhydrique. Pulvérisé et traité par l'eau, il régénère l'acétanilide en totalité.

---

(1) *Comptes rendus*, 5 juin et 15 mai 1893; 7 juin 1892.

» Si l'on répète la même expérience en présence du sulfure de carbone, après quelque temps d'ébullition à reflux, il se précipite au fond du ballon la même huile jaunâtre qui, dans les conditions nouvelles, se prend par refroidissement en une masse blanche à texture cristalline.

» Ce composé s'altère à l'air, en dégageant de l'acide chlorhydrique; traité par l'eau, il se décompose en acétanilide et chlorure d'aluminium, lentement quand il est en gros fragments, violemment lorsqu'il est pulvérisé.

» Chauffé sous une couche de sulfure de carbone saturé d'acide chlorhydrique, il fond à 40° environ et reste facilement en surfusion. Il est insoluble dans tous les dissolvants qui ne le décomposent pas, tels que sulfure de carbone, tétrachlorure de carbone, ligroïne, chloroforme, etc. L'alcool absolu le dissout sans dépôt d'alumine ni dégagement gazeux, mais en le dissociant, car, par évaporation, il abandonne des cristaux d'acétanilide.

» Si on le décompose par l'eau, on obtient une liqueur qui donne à l'analyse les résultats suivants ;

	Trouvé.	Calculé pour $(C^8H^9OAz)^2Al^2Cl^6$.
Chlore	38,54	39,51
Aluminium	10,96	10,22

» La différence qui existe entre les chiffres trouvés et les chiffres théoriques s'explique par la facilité avec laquelle le composé se dissocie.

» *Chlorure d'aluminium et butyranilide.* — Si l'on fait agir, dans les mêmes conditions, le chlorure d'aluminium sur la butyranilide en suspension dans le sulfure de carbone, on obtient un composé blanc jaunâtre, solide, d'aspect granulé. Il jouit de propriétés analogues au précédent; décomposé par l'eau, il régénère la butyranilide. L'analyse conduit à la formule $(C^{10}H^{13}OAz)^2Al^2Cl^6$.

» *Chlorure d'aluminium et acétoparatoluidine.* — L'acétoparatoluidine et le chlorure d'aluminium chauffés dans les mêmes conditions que l'acétanilide, donnent naissance à une huile jaunâtre qui, par refroidissement, se prend en une masse blanche analogue au chlorure de calcium fondu.

» Ce composé organo-métallique se dissocie à l'air, avec mise en liberté d'acide chlorhydrique. L'eau le décompose en régénérant l'acétoparatoluidine. Sa formule est $(C^9H^{11}OAz)^2Al^2Cl^6$.

» Les produits de substitution de l'acétoparatoluidine et, en particulier, la métabromoacétoparatoluidine donnent également une combinaison avec le chlorure d'aluminium.

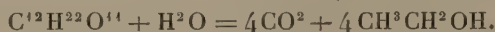
» Le composé organo-métallique de la métabromoacétoparatoluidine est solide, blanc et cristallisé, il se décompose à l'air et répond à la formule $(C^9H^{10}BrOAz)^2Al^2Cl^6$.

» Le perchlorure de fer anhydre se combine également aux amines-amides; toutefois, les combinaisons organo-métalliques s'obtiennent plus difficilement à l'état de pureté. Il est vraisemblable qu'elles répondent aussi à la formule $(R)^2Fe^2Cl^6$ (¹). »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la formation de l'acide succinique et de la glycérine dans la fermentation alcoolique.* Note de M. **J. Effront**, présentée par M. Duclaux.

« M. Pasteur a démontré que, dans toute fermentation alcoolique par les levures, la production de l'alcool est toujours accompagnée de formation de glycérine et d'acide succinique.

» Généralement, 6 pour 100 de sucre, mis à fermenter, échappent à l'équation



$$C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O = 4CO^2 + 4CH^3CH^2OH.$$

Il est très probable que la transformation de ces 6 pour 100 de sucre en produits accessoires ou secondaires se fait d'après l'équation suivante :



$$49C^{12}H^{22}O^{11} + 109H^2O = \underbrace{24C^4H^6O^4}_{\text{Acide succinique.}} + \underbrace{144C^3H^5(OH)^3}_{\text{Glycérine.}} + 60CO^2.$$

» Depuis longtemps déjà, je me suis livré à un grand nombre de déterminations de glycérine et d'acide succinique dans les liquides fermentés et j'ai pu constater que la production de la glycérine et de l'acide succinique, quoique s'effectuant toujours, ne se fait pas constamment dans les mêmes rapports.

» La proportion de ces produits accessoires ou secondaires de la fermentation alcoolique varie suivant certaines conditions, elle varie même aux diverses époques de la fermentation. Elle est très faible au début, elle augmente au fur et à mesure que la fermentation s'avance et le maximum de production s'établit dans les dernières phases de la fermentation.

» Il est très facile de vérifier ces assertions; il suffit, pour cela, d'arrêter

---

(¹) Travail fait au laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences de Caen.

la fermentation à différents stades de son évolution et de pratiquer l'analyse des moûts.

» La détermination de la glycérine et de l'acide succinique dans des moûts fermentés avec de la levure accoutumée à l'acide fluorhydrique m'a donné pour 100 de sucre disparu les chiffres suivants (moyennes) :

	Après			
	24 heures.	48 heures.	72 heures.	96 heures.
Glycérine.............	0,1503	0,3508	0,3992	0,91
Acide succinique......	0,02541	0,04755	0,06759	0,0924

» Les quantités maxima de glycérine et d'acide succinique se forment donc entre les 72ᵉ et les 96ᵉ heures, c'est-à-dire quand le pouvoir ferment de la levure est presque épuisé par suite du manque de matières nutritives.

» Il y a donc tout lieu de croire que la formation de ces produits est due à l'état d'affaiblissement de la levure à ce moment.

» Au commencement de la fermentation quand la levure se trouve dans un milieu où elle trouve amplement les matières nutritives nécessaires à son développement, elle possède une énergie plus grande et les produits accessoires se forment en proportions bien moins grandes.

» Cette différence d'action de la levure au commencement et à la fin de la fermentation, suivant qu'elle est douée de toute son énergie fermentative ou suivant qu'elle a perdu celle-ci en grande partie, faute d'éléments nutritifs, corrobore les observations que j'ai faites avec les levures accoutumées aux composés fluorés. Ces derniers, en effet, exaltent la levure, augmentent son énergie fermentative; et par le fait même, à la fin de la fermentation, ils la placent dans des conditions similaires à celles dans lesquelles se trouvent les levures non accoutumées au commencement de la fermentation dans une fermentation alcoolique conduite avec de la levure ordinaire. »

CHIMIE AGRICOLE. — *De l'influence des chlorures sur la nitrification*. Note de MM. **J. Crochetelle** et **J. Dumont**, présentée par M. Dehérain.

« Les expériences que nous avons déjà exécutées ([1]) sur l'influence qu'exercent les sels de potasse sur la nitrification nous ont montré que

([1]) *Comptes rendus*, t. CXVII, p. 670; t. CXVIII, p. 604.

si le carbonate et le sulfate de potasse étaient efficaces, il n'en était plus de même pour le chlorure de potassium.

» M. Schlœsing a reconnu du reste, depuis longtemps, que ce sel est sans action.

» Quand, cependant, on verse une dissolution de chlorure de potassium sur un sol qui n'est pas dépourvu de calcaire, on reconnaît que les eaux d'égouttage renferment du chlorure de calcium, ce qui implique la formation du carbonate de potasse dont nous avons constaté l'influence favorable; nous avons pensé que si cette action n'était pas manifeste après l'emploi du chlorure de potassium, c'était, sans doute, parce que le chlorure de calcium formé en même temps que le carbonate de potasse avait une influence nuisible.

» Les expériences suivantes démontrent la justesse de cette hypothèse.

Azote nitrifié, en vingt jours, dans 1000^{gr} *de terre ayant reçu différentes doses de chlorure de calcium.*

Chlorure de calcium pour 1000^{gr}.	Azote nitrique en milligrammes.
gr	
0,00	29,2
0,25	16,0
0,50	15,9
1,00	13,8
1,50	13,3
2,00	11,8
5,00	11,9
8,00	11,3
10,00	11,0

» Ce point étant acquis, nous avons eu l'idée de débarrasser la terre, par une pluie artificielle, de la présence du chlorure de calcium provenant de la réaction des chlorures alcalins sur le calcaire.

» Si, en effet, l'influence retardatrice du chlorure de calcium est bien la cause du peu d'action du chlorure de potassium, nous devions trouver que les terres ainsi débarrassées d'une matière nuisible devaient former plus de nitrates que celles dans lesquelles le chlorure de calcium était resté. On sait combien ce corps est soluble : en faisant passer, au travers d'un échantillon de 100^{gr} de terre, assez d'eau pour recueillir 50^{cc}, on enlève la majeure partie de ce sel.

» En mettant en comparaison des terres ayant reçu les mêmes doses de

chlorure de potassium ou de sodium, lavées ou non, nous avons obtenu les nombres suivants :

Azote nitrique, en milligrammes, obtenu en vingt jours dans 1000gr de terre.

Doses pour 1000gr.	Chlorure de potassium		Chlorure de sodium	
	lavé.	non lavé.	lavé.	non lavé.
	mgr	mgr	mgr	mgr
0	35,5	35,5	33,1	33,1
0,25	43,5	35,2	35,2	19,5
0,50	69,3	33,6	52,3	18,2
1,00	57,3	21,4	54,8	17,0
1,50	55,5	19,5	50,4	14,5
2,00	54,2	15,7	45,0	15,7
5,00	50,4	14,5	39,0	16,3
8,00	32,2	13,9	35,2	15,7
10,00	30,1	12,4	32,1	10,1

» Ainsi, la terre qui a reçu du chlorure de potassium à la dose de 0gr,50 par kilogramme nitrifie deux fois mieux que la terre normale pourvu qu'elle ait été débarrassée du chlorure de calcium par un lavage; ceci explique les actions très différentes d'une année à l'autre qu'exercent les chlorures sur l'abondance des récoltes : pendant les années pluvieuses ils sont favorables, tandis que leur effet est nul ou franchement nuisible pendant les années sèches.

» De 1 à 5 millièmes le chlorure de potassium exerce une action favorable, mais aussitôt que les doses augmentent la quantité de nitrates formés diminue.

» Le chlorure de sodium à la dose de $\frac{1}{1000}$ provoque une nitrification semblable à celle du chlorure de potassium, et il est facile d'en comprendre la raison : le sel marin se transforme en effet dans le sol non seulement en chlorure de calcium et en carbonate de soude, mais il se dédouble aussi dans les terres riches en potasse pour former du chlorure de potassium.

» Nous rappellerons la curieuse expérience de M. Dehérain qui, ayant semé des haricots dans des pots à fleurs, et les ayant fait périr en les arrosant avec des dissolutions de sel marin, reconnut à l'analyse des cendres que les plantes n'avaient pas absorbé de chlorure de sodium, mais étaient mortes d'une pléthore de chlorure de potassium. On conçoit, par suite, que le chlorure de sodium, en se transformant dans le sol en chlorure de

potassium, exerce une action analogue à celle du chlorure de potassium directement ajouté.

» L'efficacité du chlorure de potassium pour provoquer la nitrification est bien due à sa transformation en carbonate de potasse sous l'influence du calcaire, car son action est nulle dans les terres dépourvues de carbonate de chaux. »

ZOOLOGIE. — *Un nouveau cas de commensalisme : association de Vers du genre* Aspidosiphon *avec des Polypes madréporaires et un Mollusque bivalve.* Note de M. **E.-L. Bouvier**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Dans leur *Monographie des Turbinolides* publiée en 1848, Milne-Edwards et Jules Haime ont signalé l'association de Mollusques gastéropodes avec des Polypes madréporaires qu'ils ont rangés plus tard (*Histoire naturelle des Coralliaires*, t. II, p. 51, 1857 et t. III, p. 63, 1860) dans les genres *Heterocyathus*, *Heteropsammia* et *Stephanoseris*. Ce phénomène de commensalisme a également attiré l'attention de Deshayes (*Catalogue des Mollusques de l'île de la Réunion*, p. 65, 1863) qui a considéré les commensaux des Polypes comme des Gastéropodes à tours disjoints et qui a formé pour eux, dans la famille des Vermétides, le genre *Cryptobia*. Deshayes a exactement décrit les perforations respiratoires qui traversent le squelette des Polypes pour aboutir au corps de leur hôte; il a observé en outre que la coquille du Mollusque persiste jusqu'à l'orifice externe dans les *Heteropsammia*, mais non dans les *Heterocyathus*, que ses tours disjoints n'ont pas la surface lisse et brillante de ceux qui sont restés contigus, enfin qu'il y a lieu d'attribuer cette différence à une « dissolution progressive de la matière du polypier dont le Mollusque aurait comblé les porosités. »

» Grâce aux riches matériaux que M. le Dr Jousseaume a recueillis à Aden, et qu'il m'a très obligeamment communiqués, j'ai pu reprendre cette étude et je suis arrivé aux curieux résultats suivants :

» Les Polypes des genres *Heterocyathus* et *Heteropsammia* se fixent, probablement au sortir de la vie embryonnaire, sur des coquilles *vides*, mais toujours très petites, de *divers* Gastéropodes; aussitôt fixés, ils reçoivent pour commensaux de jeunes Géphyriens du genre *Aspidosiphon* qui se logent dans la cavité de la coquille et s'enroulent en spirale comme elle. Les deux commensaux se développent ensuite simultanément; le Polype enva-

hissant de plus en plus la coquille qu'il recouvre complètement et qu'il finit par déborder; le ver croissant de son côté sous la forme d'une spirale à tours disjoints et provoquant, dans le tissu calcaire du Polype, une cavité de même forme qui prolonge celle de la coquille et qui s'ouvre au dehors par un orifice arrondi.

» En même temps que croissent le Polype et son hôte, celui-ci *sécrète un tube* qui prolonge celui de la coquille, mais qui en diffère par son épaisseur plus faible, par son union intime avec le tissu du polypier, ainsi que par l'aspect de sa surface interne qui n'est ni lisse, ni brillante comme celle de la coquille; dans les *Heteropsammia*, le tube ainsi formé atteint le plus souvent l'orifice externe; il se développe, au contraire, plus lentement et n'atteint pas cet orifice dans les *Heterocyathus*. Pour se maintenir en relation directe avec le milieu respirable, le ver dissout, suivant certaines lignes normales à sa surface, les éléments calcaires environnants, et donne naissance de la sorte à des perforations linéaires qui servent à l'entrée et à la sortie de l'eau ambiante. La formation de ces sortes d'évents est due, sans doute, à l'action dissolvante qu'exerce sur le calcaire la sécrétion de certaines glandes cutanées.

» Les vers commensaux des Polypes sont munis d'une longue trompe protractile et de deux boucliers solides formés par la juxtaposition de pièces cornées. La trompe se termine par une couronne péribuccale de courts tentacules et présente à sa surface de nombreuses rangées transversales de crochets à une pointe; c'est un organe de préhension dont l'animal se sert pour capturer sa proie; mais elle sert aussi, grâce à ses crochets, à la locomotion des deux commensaux, car M. Jousseaume a vu le ver la projeter au dehors, l'appliquer sur le fond comme pour y trouver un point d'appui, et la contracter ensuite de manière à entraîner le Polype. Les boucliers sont au nombre de deux, comme dans toutes les espèces du genre *Aspidosiphon;* le premier est sillonné de stries transversales en avant, de stries longitudinales en arrière, il est situé près de l'anus et à la base de la trompe; le second occupe l'extrémité postérieure du ver et a la forme d'un cercle sillonné par des rayons. Je ne sais quel est le rôle de ce dernier, mais le bouclier anal ferme l'orifice du tube quand l'animal est rétracté, et joue par conséquent, le rôle d'opercule protecteur.

» Ces vers appartiennent à deux espèces nouvelles dont l'une habite les *Heteropsammia,* l'autre les *Heterocyathus.* La première se rapproche beaucoup de l'*Aspidosiphon mirabilis* Théel, des mers de Suède, mais elle en diffère par son habitat, par la forme de ses néphridies et par le nombre des

tours du tube digestif; la seconde est voisine d'une espèce malaisienne, l'*A. ravus* Sluiter, dont elle se distingue aisément par les sillons de ses boucliers. Deshayes ayant proposé, pour les Gastéropodes qu'il croyait commensaux des deux Polypes, les noms de *Cryptobia heteropsammiarum* et de *C. Michelini*, il sera bon d'attribuer au Géphyrien des *Heteropsammia* le nom d'*A. heteropsammiarum* et à celui des *Heterocyathus* le nom d'*A. Michelini*.

» Le commensalisme des Aspidosiphons se complique, au moins chez l'*A. Michelini*, par la présence des jeunes d'un très petit Mollusque lamellibranche (la *Kellia Deshayesi*, s. p. nov. de M. Jousseaume) qui vient se loger dans la cavité habitée par le Ver et qui se niche dans des dépressions à la surface de ce dernier; quand les commensaux sont adultes, ces bivalves sont au nombre de douze environ. Ils trouvent leur subsistance dans le courant d'eau qu'amènent, à l'intérieur de la cavité spirale, les perforations linéaires des Polypes.

En résumé : 1° les *Heteropsammia* et les *Heterocyathus* ont pour commensaux un Ver du genre *Aspidosiphon* et non un Gastéropode; 2° chaque Polype a son espèce particulière et se développe avec elle; 3° les coquilles sur lesquelles se fixent les Polypes sont quelconques et ne sauraient former un genre distinct; 4° le tube rugueux qui leur fait suite n'appartient pas à leur substance, mais est formé par le Ver; 5° l'association du Ver et du Polype se complique, au moins chez les *Heterocyathus*, par la présence d'un troisième commensal qui est un Mollusque bivalve.

» Abstraction faite de ce dernier animal, le commensalisme des Aspidosiphons avec des Polypes rappelle à tous égards celui du *Parapagurus pilosimanus* avec les colonies d'Epizoanthe ([1]). »

ANATOMIE. — *Transformation des arcs aortiques chez la Grenouille.* Note de M. S. Jourdain, présentée par M. A. Milne-Edwards.

« Au cours des recherches que depuis plusieurs années je poursuis sur les Grenouilles, j'ai eu l'occasion d'étudier, à l'aide des injections, les transformations que subissent les gros vaisseaux, issus du bulbe aortique, lors du passage de la vie aquatique à la vie aérienne. Les résultats de mes observations diffèrent à tel point de ceux qui sont consignés dans les traités de Zootomie, que je me suis décidé à en entretenir l'Académie.

([1]) Travail fait au laboratoire de M. le professeur Edmond Perrier.

» On sait que chez le Têtard de Grenouille, les branchies sont au nombre de quatre. La quatrième, celle qui est placée en arrière, est notablement moins développée que les trois autres.

» Pour rendre ma description plus intelligible, je dois modifier, à certains égards, la terminologie adoptée. Je nomme *crosses bulbaires* les gros vaisseaux, au nombre de quatre, qui apportent le sang noir aux branchies; *vaisseaux hypobranchiaux* la portion subdivisée de chacune de ces crosses qui se distribue aux branchies, et *vaisseaux épibranchiaux* celle qui rapporte le sang hématisé à l'origine des artères nées de ces épibranchiaux. Ces artères sont, pour le premier arc, les carotico-linguales; pour le deuxième, l'aorte; pour les troisième et quatrième la cutanée respiratoire et la pulmonaire.

» Les vaisseaux épibranchiaux sont, de chaque côté, reliés les uns aux autres, à peu de distance de leur émergence de la branchie, par des rameaux anastomotiques dirigés longitudinalement et que je nomme *rameaux connectifs*.

» Enfin il est important de noter la présence d'un réseau anastomotique court et large, que je désignerai sous le nom d'*interbranchial*, qui établit une communication de plus en plus libre entre les hypo et les épibranchiales vers le point où ces dernières sortent de la branchie.

» D'une manière générale, la constitution du type circulatoire définitif est réalisée par l'abouchement direct des crosses bulbaires avec l'origine des artères issues des épibranchiales, par l'intermédiaire des interbranchiales, et la disparition de tout le système circulatoire branchial avec la branchie elle-même.

» Voyons maintenant comment les choses se passent pour chacun des arcs branchiaux.

» *Premier arc.* — Le court lacis vasculaire qui représente l'interbranchiale établit une communication directe entre la première crosse bulbaire et la carotico-linguale, qui en forme alors la terminaison. L'interbranchiale devient la glande carotidienne. La connective 1 à 2 disparaît.

» *Deuxième arc.* — Une anastomose à plein canal se forme, au moyen de l'interbranchiale, entre la deuxième crosse bulbaire et l'origine de l'aorte. La connective 2 à 3 s'atrophie.

» *Troisième et quatrième arcs.* — Pour ces arcs, la transformation est plus complexe.

» Par l'intermédiaire de l'interbranchiale 3 et de la connective 3 à 4, qui subsiste, la troisième crosse bulbaire se continue avec le vaisseau affé-

rent du poumon ou artère pulmonaire, dont l'origine principale est l'épibranchiale du quatrième arc.

» La quatrième crosse bulbaire, qui n'est qu'une subdivision de la troisième, devient inutile et s'atrophie.

» L'artère pulmonaire de l'adulte constituée par les divers tronçons que je viens d'énumérer (crosse bulbaire 3, interbranchiale 3, connective 3 à 4) donne naissance, au niveau de la troisième branchie, à un vaisseau qu'on peut rapporter à l'épibranchiale de cette branchie, et qui forme cette branche si intéressante de l'artère pulmonaire qu'on nomme *cutanée respiratoire*.

» Lorsque le sac pulmonaire commence à s'organiser, il reçoit un vaisseau alimenté par l'épibranchiale du quatrième arc et aussi par la connective 3 à 4. Il résulte de cette disposition que ce vaisseau du poumon, qui n'est autre chose que l'artère pulmonaire, reçoit du sang *déjà hématosé*, mélangé d'une petite quantité de sang noir provenant des anastomoses interbranchiales. C'est qu'en effet, au début, cette artère est un vaisseau nourricier assimilable aux autres artères.

» Vers le terme de la vie larvaire, lorsque le poumon fonctionne comme organe de respiration, l'artère conserve son rôle de nourricière, mais, en outre, le sang qu'elle contient se surhématose et les veines pulmonaires rapportent au cœur du sang rouge pur.

» Chez l'adulte enfin, l'artère pulmonaire charrie du sang noir presque pur commençant à réaliser les conditions circulatoires des Vertébrés à ventricules séparés. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la respiration des feuilles*. Note de M. L. **Maquenne**, présentée par M. Dehérain.

« Dans l'acte de la respiration normale, l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique ont lieu simultanément; l'analyse de l'air modifié par le séjour d'un organe végétal ne donne par suite que la résultante de ces deux actions et il est impossible, par l'analyse seule de l'atmosphère modifiée par le séjour d'une plante, de savoir si l'acide carbonique dégagé provient, comme dans la fermentation, du dédoublement d'une matière préalablement oxydée, ou s'il résulte de la combustion pure et simple de quelque principe directement oxydable à l'air, que la plante élaborerait d'une manière continue. Dans le premier cas, l'absorption d'oxy-

gène serait en quelque sorte indépendante de la production d'acide carbonique; dans le second, les échanges gazeux seraient, au contraire, en relation intime et réellement simultanés.

» Le phénomène bien connu de la respiration intracellulaire, qui s'accomplit même à l'abri de l'oxygène, dans le vide ou dans une atmosphère inerte, pourrait être invoqué en faveur de la première hypothèse; cependant on sait que le dégagement d'acide carbonique est alors beaucoup moins considérable qu'à l'ordinaire et que sa production est accompagnée de celle d'une petite quantité d'alcool; ce dernier, d'après M. Müntz ([1]), étant anormal, on peut admettre qu'il en est de même pour l'acide carbonique, d'où il résulte que la respiration intracellulaire peut n'être que la conséquence du changement de milieu.

» Il m'a semblé qu'en étudiant de plus près la vie d'une plante privée d'air, on pourrait peut être éclairer davantage le mécanisme de la respiration : si, en effet, conformément à notre seconde hypothèse, la cellule vivante sécrète constamment un produit combustible qui, par simple exposition à l'air, s'oxyde et dégage de l'acide carbonique, ce produit doit s'y accumuler si on la soustrait systématiquement à l'action de l'oxygène, et plus tard, si on la replace dans l'air, sa respiration doit en être accrue d'autant.

» Pour vérifier cette manière de voir, j'ai comparé la respiration de différentes espèces de feuilles à l'état normal et après un séjour de quelques heures dans le vide de la trompe à mercure; pour éviter toute erreur provenant de l'individualité des sujets mis en expérience, les feuilles étaient prises toujours sur la même plante, choisies dans les deux cas de même poids et autant que possible de même âge.

» Les gaz ont été extraits à la trompe, suivant la méthode que nous avons déjà employée, M. Dehérain et moi ([2]); les mesures et les analyses ont été faites dans l'eudiomètre de M. Schlœsing, faisant office de voluménomètre.

» J'ai ainsi reconnu, comme je l'avais supposé *a priori*, que, dans tous les cas où la plante résiste à l'action du vide, sans subir d'altération appréciable, elle dégage ensuite, dans l'air, une plus grande quantité d'acide carbonique que la même plante, prise à l'état normal. Les nombres qui suivent ne sauraient laisser aucun doute à cet égard : ils sont tous relatifs

---

([1]) *Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 49.
([2]) *Comptes rendus*, t. C, p. 1234.

à des feuilles détachées de leur tige ; la durée de séjour dans le vide a été uniformément de quatre heures et l'on a eu soin au début de chaque expérience, avant de replacer les feuilles dans l'air, d'extraire tout l'acide carbonique que celles-ci avaient dégagé par suite de leur respiration intracellulaire.

Désignation des feuilles.	Poids des feuilles.	Température.	CO^2 dégagé en quatre heures dans le vide.	CO^2 dégagé en une heure dans l'air. État normal.	Après vide.
	gr	o	cc	cc	cc
Fusain du Japon ...	3,05	16	1,4	0,66	1,06
Id.	3,25	14	1,2	0,61	0,89
Id.	3,50	14	1,1	0,73	1,01
Id.	4,30	20	1,7	1,48	1,90
Id.	4,65	14	1,2	0,66	1,07
Lilas	4,55	18	2,5	1,39	2,02
Id.	2,95	21	2,0	0,80	1,51
Id.	3,80	21	2,5	1,07	1,96
Giroflée..........	3,70	18	1,9	1,22	2,43
»	3,75	20	2,0	1,87	2,76
Aster............	3,20	20	1,9	1,52	2,47
Buis	4,00	20	2,0	1,34	1,54

» Il est utile de faire observer que certaines feuilles particulièrement délicates, comme celles du blé, de la luzerne ou de la pomme de terre, ne supportent pas impunément un séjour quelque peu prolongé dans le vide ; après quelques heures on les voit se flétrir, changer de teinte et finalement prendre une odeur spéciale qui indique une modification profonde de leurs tissus ; dans ces circonstances il est clair que l'étude ultérieure de la respiration dans l'air ne peut plus conduire à aucun résultat intéressant et qu'il nous faut renoncer à l'emploi de cette méthode pour les espèces végétales très sensibles.

» D'ailleurs on observe généralement, dans ces cas particuliers, l'inverse de ce que montrent les espèces plus résistantes : la diminution du volume d'acide carbonique produit est alors corrélative de l'affaiblissement des fonctions vitales et ne saurait s'expliquer d'une autre manière.

» Le phénomène que nous venons de signaler n'est pas le seul qui résulte du séjour préalable de la plante dans le vide ; l'absorption d'oxygène qui se produit ensuite est influencée de la même manière et nous aurons prochainement l'occasion d'y revenir en étudiant les variations du rapport $\frac{CO^2}{O}$ consécutives à la privation momentanée d'air. »

BOTANIQUE. — *Mécanisme des mouvements provoqués du* Berberis. Note de M. **Gustave Chauveaud**, présentée par M. Duchartre.

« On sait depuis longtemps qu'il suffit de toucher légèrement la face interne du filet staminal du *Berberis*, pour le voir s'infléchir brusquement et venir appliquer son anthère sur le pistil. Mais le mécanisme de ce mouvement était demeuré inconnu jusqu'ici [1]. Plusieurs tentatives, il est vrai, ont été faites pour appliquer au *Berberis* la théorie proposée pour la Sensitive, par exemple, dans laquelle l'expulsion et l'afflux de l'eau jouent un rôle important. C'est ainsi que Pfeffer, pour tourner la difficulté résultant de l'absence de méats [2] dans le tissu irritable du *Berberis*, indique la présence d'une « substance intercellulaire », susceptible de se gonfler beaucoup et de faciliter par cette propriété le transport de l'eau expulsée des cellules irritées. Il déclare même qu'il a pu observer l'expulsion d'une gouttelette d'eau lors de la contraction d'une étamine qu'il avait sectionnée transversalement [3].

» Je vais essayer de montrer que ce rôle attribué à l'eau n'existe pas et que c'est par un mécanisme fort simple que s'effectue le mouvement du *Berberis*.

» En plaçant une étamine coupée à sa base dans un endroit sec, on peut, après son redressement, provoquer chez elle une nouvelle flexion, puis, après son retour à l'état de repos, un autre mouvement, et ainsi de suite, comme cela, pendant un certain temps. Or, si chaque contraction s'accompagnait réellement d'une expulsion d'eau, comme le dit Pfeffer, le second mouvement déjà serait rendu impossible, puisque l'étamine placée dans l'air sec est séparée du corps de la plante, par conséquent dans des conditions telles qu'elle ne peut réparer aucune perte d'eau. Cette expérience prouve donc la non-intervention de l'eau.

» Étudions maintenant la structure anatomique.

» Le filet du *Berberis* [4] présente, en dedans du faisceau libéro-ligneux,

---

[1] Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2e édit., p. 435.

[2] D'après Unger, *Anatomie*, p. 419; 1855.

[3] W. Pfeffer, *Physiolog. Untersuch.*, p. 158; 1873.

[4] J'ai en vue spécialement le *Berberis aristata*, mais j'ai constaté sur les espèces citées par les auteurs les divergences que je signalerai.

un tissu spécial qui occupe environ les deux tiers de sa section transversale et les deux tiers de sa longueur. Ce tissu est formé de cellules étroites, allongées, serrées les unes contre les autres, mais laissant toutefois entre elles, surtout vers leurs extrémités, de petits méats.

» Les parois transversales de ces cellules sont minces; leurs parois longitudinales, au contraire, sont épaisses, mais demeurent cellulosiques et présentent de nombreux amincissements. Ces amincissements disposés suivant des lignes transversales, en même temps qu'ils facilitent les échanges rapides entre les cellules, constituent la disposition mécanique la plus favorable à la flexion dans le sens de la longueur ([1]).

» Ce tissu élastique est revêtu d'une assise qui continue l'épiderme sur la face interne et sur les faces latérales du filet, mais qui présente avec lui des différences profondes tant dans la forme que dans le contenu de ses cellules. Celles-ci sont arrondies par leur face libre et leurs parois sont très minces, sauf la paroi profonde qui est notablement épaissie. Leur contenu, beaucoup plus opaque que celui des autres cellules épidermiques, possède des propriétés tout à fait spéciales. C'est, en effet, cette assise superficielle ou épidermique, circonscrite aux faces interne et latérales de la région moyenne du filet, qui constitue l'élément essentiellement actif de cet organe. Le tissu sous-jacent lui prête son élasticité et sa souplesse. Quant aux autres parties du filet : faisceau libéro-ligneux et parenchyme de la face externe, elles sont tout à fait passives dans le mouvement qu'elles exécutent ([2]).

» A l'état de repos, le protoplasma de chaque cellule de l'assise motrice se montre condensé en une bande épaisse appliquée sur le fond de la cellule. Sous l'influence d'une irritation mécanique physique ou chimique, du plus petit choc, par exemple, ce protoplasma réagit : la bande se détend subitement, se courbe en arc et, tandis que ses bords tirent sur les parois transversales, son milieu convexe presse contre la paroi externe qui se bombe encore davantage, de telle sorte que la cellule se raccourcit et aug-

---

([1]) Cette disposition anatomique qui me paraît caractéristique du *tissu irritable* des végétaux ne semble pas avoir été indiquée par les auteurs.

Par contre, on ne constate point la présence de la « substance intercellulaire », dont parle Pfeffer (*loc. cit.*, p. 158).

([2]) On ne constate au repos, contrairement à l'opinion de Snetzler (voir *Sur le Berberis,* in *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.*, t. X, 1869; p. 13), aucune différence de tension entre les divers tissus et je n'ai pu observer aucun retrait de l'épiderme qui mettrait à nu la base de l'étamine qu'on vient de couper.

mente d'épaisseur. L'ensemble des cellules motrices constitue une lame située, ainsi que nous venons de le voir, du côté interne du filet dans sa région moyenne; leur déformation entraîne une déformation de la lame qui s'incurve vers l'intérieur de la fleur entraînant dans son mouvement l'étamine tout entière. La déformation est très grande, mais le changement de volume est faible et la nature du tissu sous-jacent avec ses petits méats pleins d'air suffit à l'expliquer.

» Ainsi, la région sensible de l'étamine, non seulement correspond à la région motrice, mais encore se confond avec elle, puisque c'est l'assise superficielle qui possède cette double propriété. On comprend facilement dès lors pourquoi un léger attouchement produit sur l'épiderme de cette région provoque immédiatement une réaction très vive, tandis que sur un point voisin il peut n'éveiller aucune action.

» Les mouvements de contractilité des cellules motrices sont très rapides; ils exigent, d'autre part, pour se manifester, l'intégrité complète de la cellule, aussi sont-ils peu faciles à suivre dans toutes leurs phases. Toutefois il est possible d'arriver à saisir les phases extrêmes de leur évolution. On y parvient en employant comme fixatif l'acide osmique sous différents états. Alors, à *l'état de repos*, on voit le protoplasma former une bande colorée en noir foncé, appliquée contre le fond de chaque cellule motrice. Sur une coupe longitudinale du filet, l'ensemble de ces bandes noires situées bout à bout donne un ruban sensiblement rectiligne dont la coloration s'atténue peu à peu vers ses extrémités qui correspondent aux limites de la région sensible. A *l'état de tension*, au contraire, la bande se détache dans chaque cellule motrice sous forme d'un arc noir et l'ensemble de ces arcs donne, sur la coupe longitudinale, un long ruban ondulé dont la forme générale dessine une courbe très accentuée. Dans l'un et l'autre cas, ces deux bandes se détachent fortement par leur coloration noire sur le reste de la coupe qui est incolore.

» Ces deux aspects sont représentés par les photographies que je soumets à l'Académie. Ces photographies, ayant été obtenues directement sans coloration préalable des autres tissus, ne montrent pas les détails de structure de ces derniers, mais elles mettent en évidence les modifications essentielles de l'organe moteur du *Berberis*. »

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *La brûlure des feuilles de la Vigne produite par l'*Exobasidium Vitis. Note de MM. **Prillieux** et **Delacroix**, présentée par M. Duchartre.

« Depuis quelques semaines, nous recevons au Laboratoire de Pathologie végétale, de régions viticoles diverses, des feuilles de Vigne présentant des altérations généralement désignées sous le nom de *Rougeot* ou de *Brûlure*.

» Les feuilles atteintes de cette maladie, qui cause aux vignerons une certaine inquiétude, présentent une apparence assez caractéristique. Leur coloration se modifie; elles prennent une nuance livide qui par le dessèchement devient fauve surtout sur le bord. En même temps, se marquent sur le limbe des places qui se colorent en rouge pourpre; elles modifient à peine, au début, le ton vert de la feuille, mais leur coloration devient de plus en plus intense en même temps que leur surface grandit et souvent on voit toute la portion marginale desséchée et jaunâtre, tandis que la partie centrale du limbe encore vivante se colore en rose.

» Sur les portions tuées, on voit apparaître des sortes d'efflorescences blanches, concrètes, ressemblant à une fine poussière de plâtre ou de craie, formant çà et là de petits amas plus épais et d'un blanc plus mat. Elles sont produites par les filaments fructifères d'un parasite qui, en sortant par touffes du tissu de la feuille malade, répandent autour d'eux des myriades de spores.

» Nous avons reçu de pareils échantillons du Bordelais, de la Charente et du Beaujolais. Sur tous, nous avons constaté la présence du même parasite qui nous paraît ne pas différer de celui que MM. Viala et Boyer ont observé en 1891 sur des grains de raisin récoltés à Beaune et conservés dans l'alcool dans les collections de l'École d'Agriculture de Montpellier et qu'ils ont décrit sous le nom d'*Aureobasidium Vitis*.

» Le mycélium légèrement jaunâtre est cloisonné, assez lâche et à peine agrégé; ses ramifications ultimes très grêles, qui s'insinuent entre les cellules, sont hyalines. Par places il crève l'épiderme et émet des touffes de filaments les uns stériles et s'allongeant à la surface de la feuille, les autres fertiles. Ces derniers se renflent le plus fréquemment en massue à leur extrémité et deviennent de véritables basides qui portent un nombre variable de spores à l'extrémité de très courts stérigmates; parfois cepen-

dant, tout en produisant des spores à son extrémité, le filament fructifère reste cylindrique. Le plus souvent la baside termine le filament mycélien, mais elle peut aussi être latérale et se former à l'extrémité d'une courte ramification. Parfois un rameau devient baside, tandis que le filament principal reste stérile et s'allonge. Il y a des filaments grêles et peu cloisonnés qui se terminent en basides; il y en a d'autres plus gros, formés d'éléments courts, à parois plus épaisses, d'apparence toruloïde, qui sont souvent stériles, mais qui, dans certains cas, produisent des rameaux latéraux se renflant en basides ou donnent des spores sur leur dernier article.

» Les basides sont toujours hyalines, à plasma granuleux fortement guttulé. Leur largeur varie ordinairement entre 8 μ et 10 μ. L'insertion des spores est le plus souvent terminale sur la baside; parfois, cependant, elle descend un peu sur le côté pour une ou plusieurs spores.

» Le nombre des spores sur chaque baside varie de 2 à 9. Il est toujours plus considérable sur les basides terminales; sur les latérales, on n'en voit souvent que 2 ou 3.

» Les spores sont tout à fait hyalines, droites, rarement un peu arquées, tantôt ovoïdes, tantôt cylindriques, atténuées aux deux bouts. Leur forme et leur taille sont très variables; leurs dimensions oscillent en général entre 12 μ et 16 μ de long pour une longueur de 4 μ à 6,5 μ. Elles germent en bourgeonnant à la façon des levures. Il se forme dans leur plasma des vacuoles qui le séparent souvent en plusieurs masses, mais il ne s'y produit pas de cloisons. Aux deux pôles de la spore se montrent des bourgeons, uniques la plupart du temps, quelquefois au nombre de deux susceptibles de proliférer en donnant un court chapelet.

» Cette espèce ne nous paraît pas offrir de caractères essentiels qui permettent de la séparer du genre *Exobasidium*. Si l'irrégularité de forme des basides et les spores subsessiles l'éloignent un peu du type *Exobasidium*, elle s'en rapproche beaucoup par le nombre considérable et en même temps variable des spores naissant sur des basides disposées en touffes et aussi par le mode de germination de ces spores qui est le même que celui des *Exobasidium*, avec cette légère différence qu'elles ne se cloisonnent pas en germant; il est fort différent de celui des Hypochnées auxquelles MM. Viala et Boyer ont rattaché leur genre *Aureobasidium* et dans lesquelles en outre les basides sont régulières et portent deux ou quatre stérigmates.

» Ce parasite, produisant la brûlure des feuilles de la Vigne en mai et juin et attaquant les raisins en automne, doit donc, selon nous, être rap-

porté au genre *Exobasidium* sous le nom d'*Exobasidium Vitis*. Nous ne connaissons pas encore exactement l'intensité des dégâts qu'il cause cette année dans les vignes. Un de nos correspondants, M. Cheysson, nous assure qu'à Chiroubles, dans le Beaujolais, il a produit, au dire des vignerons, autant de mal qu'une grêle.

» La maladie ne paraît pas avoir été arrêtée par les traitements cupriques, mais peut-être ont-ils été effectués trop tardivement. »

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une nouvelle maladie du Blé causée par une Chytridinée.* Note de M. **A. Prunet**, présentée par M. Duchartre.

« Dans certaines régions de divers départements du Sud-Ouest, la Haute-Garonne, le Gers, le Tarn, etc., le Blé se montre actuellement atteint d'une maladie déjà redoutable par les effets qu'elle a produits, mais dont on ne pourra mesurer toute la gravité qu'à l'époque de la moisson.

» La maladie est caractérisée par un arrêt de croissance suivi, après un temps variable, d'un jaunissement et d'une dessiccation progressive des feuilles d'abord, puis de la plante entière survenant à divers stades de l'évolution du Blé; de telle sorte que, dans un même champ, on peut trouver des chaumes malades ou morts de $0^m,10$ à $0^m,12$ de hauteur et d'autres ayant presque atteint la taille normale. Les chaumes jaunis ou desséchés et plus ou moins rabougris forment dans les emblavures des taches qui s'accroissent de plus en plus et prennent souvent des dimensions considérables.

» Cette maladie est causée par un Champignon parasite appartenant à la famille des Chytridinées, dont j'ai pu étudier l'organisation et en grande partie le développement.

» Comme dans toutes les Chytridinées, les spores sont mobiles; ce sont des zoospores. Elles pénètrent dans les tissus du Blé en perçant les parois des cellules périphériques. En germant, elles produisent un mycélium ramifié, intracellulaire, fort étendu, composé de filaments purement protoplasmiques, très délicats, d'une extrême finesse, difficiles à voir. De distance en distance, un filament se renfle et donne naissance à une sphère terminale ou intercalaire pourvue d'un noyau et représentant un zoosporange. Il ne se forme habituellement qu'un zoosporange par cellule. D'abord nus, les zoosporanges s'entourent plus tard d'une fine membrane; en grandissant ils deviennent d'ordinaire ovoïdes ou pyriformes ou se moulent sur

les parois de la cellule qui les renferme et qu'ils remplissent alors complètement. Le mycélium qui les accompagne disparaît en général avant qu'ils aient atteint leur taille définitive. Les zoosporanges mûrs ont un diamètre compris entre 15μ et 50μ. Ils s'ouvrent dans la cellule même qui les contient par un orifice apical rarement placé à l'extrémité d'une courte papille. Les zoospores, d'abord plus ou moins anguleuses, deviennent ensuite sphériques; elles sont pourvues d'un cil et renferment un noyau réfringent; leur diamètre est d'environ 3μ. Après s'être fixées à la paroi, elles rétractent leur cil, s'entourent d'une membrane et, à leur tour, donnent naissance à un mycélium ramifié qui s'étend dans les cellules voisines et fournit un nombre variable de zoosporanges, ou bien elles se transforment directement en zoosporanges. Des zoosporanges secondaires se forment parfois à l'intérieur de zoosporanges qui se sont vidés de leur contenu. Assez souvent, les zoosporanges portent à leur base une petite vésicule vide de protoplasma qui paraît provenir d'une bipartition précoce.

» Les zoospores peuvent traverser les parois cellulaires et pénétrer dans les cellules avoisinantes. Pour cela, après s'être fixées, elles poussent un fin filament qui perce la paroi et, peu à peu, le contenu de la spore parcourt l'étroit canal ainsi creusé et passe dans la cellule contiguë, laissant en arrière la délicate membrane, maintenant vide, qui l'entourait. Les jeunes zoosporanges peuvent se comporter de la même façon.

» Les générations se multipliant, toutes les parties de la plante se trouvent peu à peu envahies : racine, tige, feuilles, fleurs; la présence du parasite dans l'ovule en détermine l'avortement plus ou moins complet. Le nombre des zoosporanges que peut contenir une cellule donnée augmente aussi de plus en plus : j'en ai compté dix-neuf dans une seule cellule. Des zoosporanges peuvent se rencontrer dans tous les tissus, même dans des éléments sclérifiés à parois très épaisses et d'une extrême dureté. On peut en trouver aussi à la surface des téguments; les zoospores qui s'y trouvent contenues servent à la propagation du parasite.

» Lorsque la nourriture s'épuise, il ne se forme plus de zoosporanges à évolution rapide, mais des zoosporanges de repos ou kystes, à parois d'une grande épaisseur, de couleur brune, habituellement hérissés d'éminences coniques. Ces kystes sont plus ou moins sphériques et d'ordinaire plus petits que les zoosporanges. Ils permettent aux parasites de résister plus efficacement à la sécheresse et au froid et de se perpétuer d'une année à l'autre.

» Par la nature de son mycélium et le mode de formation de ses zoo-

sporanges, la Chytridinée que je viens de décrire se rattache à la tribu des Cladochytriées ([1]). Toutefois par son action sur la plante qui la nourrit, par son extension considérable, par la forme ou le mode de déhiscence de ses zoosporanges, par la coexistence de zoosporanges et de kystes, non seulement elle ne correspond à aucune des espèces que renferment les quatre genres de la tribu, mais encore elle ne paraît pouvoir prendre place dans aucun de ses genres. Je proposerai donc de créer, pour cette nouvelle Cladochytriée, un cinquième genre, *Pyroctonum* (πῦρός, blé, et κτείνω, je tue) et de l'appeler *Pyroctonum sphœricum*.

C'est la première fois qu'on voit une Chytridinée s'attaquer aux plantes de grande culture et provoquer une maladie grave à allure épidémique bien marquée. Sans doute, les pluies abondantes du printemps dernier ont singulièrement favorisé son extension, mais il serait dangereux de compter exclusivement sur des conditions atmosphériques plus normales pour enrayer la marche d'un parasite appartenant à une famille dont les espèces se font remarquer par une évolution extrêmement rapide, par des moyens de reproduction presque illimités et par une rare puissance de destruction.

» Il sera prudent de brûler les chaumes des champs atteints et de renoncer pendant quelque temps à y cultiver du Blé. Dans les régions contaminées on devra éviter l'emploi du fumier de ferme dans les emblavures, la paille des litières pouvant apporter des kystes, et comme des kystes pourraient se trouver aussi dans les grains de Blé récoltés, il sera bon d'emprunter les semences à des régions restées indemnes. »

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *La brunissure en Algérie*. Note de M. **F. Debray**, présentée par M. Duchartre.

« Cette maladie s'est présentée dès le mois de mai dans certains vignobles des environs d'Alger. La température est restée froide, brumeuse et les grands vents ont été fréquents.

» Les Vignes atteintes se développent très lentement; leur végétation est languissante, leurs feuilles plus petites que normalement; ou bien, dans d'autres régions plus chaudes, les sarments se sont allongés comme d'habitude, et ils ne sont attaqués, ainsi que les feuilles qu'ils portent, que

---

([1]) Dans le sens de J. Schröter (*Die natürlichen Pflanzenfamilien von Engler und Prantl*, Theil I, Abtheil, I, p. 80).

dans leur région inférieure, la partie supérieure semblant rester saine. Les pieds les plus atteints perdent leurs sarments qui tous ou quelque-suns se dessèchent dans toute leur longueur.

» On observe sur les feuilles les caractères qui ont été décrits par MM. Viala et Sauvageau. La coloration des feuilles atteintes est brune chez la plupart des cépages observés, et le début de la maladie s'annonce par des ponctuations également brunes; chez le Carignan et le petit Bouschet, les ponctuations sont très rares, et les feuilles prennent de suite une coloration rouge. Certaines feuilles présentent, en outre, sur leur face inférieure, une teinte jaune soufre, due à la présence du parasite sur les poils. Les feuilles très atteintes sont souvent gondolées et leur bord recourbé.

» Chez tous les cépages, les tiges présentent les symptômes qui ont été décrits comme constituant l'anthracnose ponctuée, affection dont le parasite était jusqu'à présent resté inconnu. Ces derniers symptômes sont très accusés dans certains vignobles, tandis que, dans d'autres, ils sont peu marqués et n'apparaissent que sur des pieds très attaqués. Ils sont toujours présents sur les sarments tués par cette maladie.

» Le parasite a été rencontré dans les cellules superficielles des tiges, des vrilles, des pétioles, du limbe; on le trouve également à la surface de ces organes et sur les poils. Il se présente sous la forme d'amas globuleux aplatis ou irréguliers, lobés ou réticulés, contenant des vacuoles généralement très petites.

» J'ai pu observer la formation des spores sur les poils de la Vigne. Le plasmodium tapisse la surface d'un poil ou bien en englobe plusieurs dans sa masse qui peut atteindre plus d'un dixième de millimètre de diamètre. On voit se former sur la surface des lobes qui se pédiculisent. Ces spores, à leur parfait développement, présentent un double contour; elles sont ovales, lisses et leur grand diamètre mesure généralement 10^{μ} à 12^{μ}, rarement 8^{μ} à 9^{μ} seulement.

» Le soufre et la bouillie bordelaise restent sans effet. Nous avons essayé la chaux hydraulique répandue en poudre fine, comme on le fait pour le soufre, mais sans obtenir de résultat bien net. »

GÉOLOGIE. — *Sur le tremblement de terre de Locride (Grèce) du mois d'avril* 1894. Note de M. **Socrate-A. Papavasiliore**, présentée par M. F. Tisserand.

« Un tremblement de terre, ressenti sur toute la Grèce et bien au delà, vient d'affecter la région nord-est de la *Grèce continentale* et surtout la province de *Locride*.

» Ce tremblement de terre se compose de deux secousses très violentes, qui ont été suivies d'innombrables autres plus ou moins fortes. L'une a eu lieu le 20 avril et a été ressentie à Athènes à $6^h 52^m$ du soir, suivant l'indication du séismoscope de l'observatoire national. Elle fut précédée d'un bruit souterrain et dura cinq secondes.

» La région que cette secousse a affectée d'une manière désastreuse peut être divisée, suivant l'intensité de destruction, en trois zones principales :

» 1° Celle de l'épicentre, comprenant la presqu'île d'*Ætolymion*. Trois villages de cette région, composés en tout de 800 maisons et de 1600 habitants, ont été détruits de fond en comble. Le nombre des victimes s'élève à 180, celui des blessés à 27.

» 2° Celle où presque tous les édifices des villages ont été démolis. Cette zone a la forme d'une ellipse dont le grand axe, long de 28^{km}, s'étend dans la direction sud-est-nord-ouest depuis la baie de *Larymne* jusque près du cap d'*Arkitza;* le petit axe mesure 8^{km} à 9^{km}. Les villages affectés sont au nombre de 9 et se composent en tout d'environ 1200 maisons avec 5500 habitants, dont 44 ont été tués et 20 blessés.

» 3° Enfin celle où il y a eu chute partielle ou de grands dégâts de maisons dans plusieurs villages. Cette zone forme également une ellipse dont le grand axe de direction sud-est-nord-ouest mesure 90^{km} et s'étend du village de *Dritza* (20^{km} à l'est de *Thèbes*) jusque près du village *Molos* (situé près des côtes sud du golfe Maliaque). Le petit axe a une longueur d'environ 65^{km} et s'étend de la ville de *Lévadie* jusqu'au village de *Mantoudi* (près des côtes nord-est de l'île d'Eubée).

» Les villages de cette zone qui ont le plus souffert sont environ 10 de la province de *Locride,* plus de 12 de la province de *Lévadie,* situés surtout sur les rivages sud de l'ancien lac de Kopaïs, et à peu près 12 de la province de *Thèbes*.

» Sur l'île d'*Eubée,* ce n'est guère que le village de *Sainte-Anne* (sur les côtes nord-est de l'île) qui a été endommagé d'une manière sensible.

» Le sol, sur les trois zones, se compose de terrains crétacés, formés de calcaires et de schistes, de terrains tertiaires (néogènes), disposés à peu près horizontalement et en stratification discordante aux terrains précédents, et formés de tufs calcaires, grès, conglomérats, marnes, etc.; enfin de couches diluviales et alluviales. La région au sud-est de la presqu'île d'*Ætolymion*, où prédominent les terrains crétacés, a beaucoup moins souffert que la région opposée, où il y a prépondérance des couches tertiaires et quaternaires, en général moins consistantes que les précédentes. Il est à remarquer que la plupart des villages endommagés sont bâtis sur un sol tertiaire ou quaternaire peu consistant.

» Après ladite secousse, qui a eu pour effet la formation de légères crevasses du sol dans quelques endroits, le tarissement de certaines sources et l'augmentation du cours d'autres, le sol, sur la première et la deuxième zone, se trouvait, pendant la nuit du 20 au 21 avril, dans un état d'ébranlement incessant pour ainsi dire, interrompu souvent par des secousses paroxysmiques plus ou moins fortes et précédées, la plupart du temps, de bruits souterrains.

» Pendant trois jours il y avait des secousses très fréquentes sur toute l'étendue des trois zones; puis elles devenaient de plus en plus rares, lorsque, le soir du 27 avril, une nouvelle secousse très violente, plus considérable que la première et précédée également d'un bruit souterrain, pareil à un coup de canon tiré au loin, a ravagé de nouveau la région. Elle dura douze secondes et a été assez sensiblement ressentie à Athènes à $2^h 21^m 6^s$ du soir, suivant le séismoscope de l'observatoire national. Après la secousse, même ébranlement du sol, comme la première fois. Les secousses, loin d'avoir cessé, se font encore sentir sur toute la région.

» L'aréal affecté par la seconde secousse violente est plus grand que celui de la première. C'est ainsi que le grand axe de la deuxième zone s'est allongé de 30^{km}, surtout vers le nord-ouest, et s'est étendu depuis la baie de *Scroponeri* jusqu'au village de *Saint-Constantin* (*Palæokhéri*). Le grand axe de la troisième zone s'est étendu d'environ 22^{km} jusqu'à la ville de *Lamie*. Les deux petits axes de ces zones ont grandi de quelques kilomètres, surtout du côté sud-ouest. Les mêmes villages, affectés par la première secousse, l'ont été naturellement aussi cette fois, mais avec une intensité et un dommage plus grands. Il y a eu très peu de victimes.

» Cette seconde secousse a été, à plus d'un point de vue, remarquable. Ainsi, au moment de la secousse, la mer, sur toute l'étendue de la côte, depuis la baie de *Saint-Théologue* (à l'ouest de la presqu'île d'*Æto-*

lymion) jusqu'au village de *Saint-Constantin*, s'était élevée en une onde qui est venue submerger la côte sur une distance de quelques dizaines de mètres en général. La mer s'est retirée à sa place initiale, sauf dans la plaine d'*Atalante*, dont la plus grande partie de la côte, celle au nord, est restée couverte par les eaux sur une distance de quelques mètres, tandis que la partie sud plonge dans les eaux sur une distance de plusieurs dizaines de mètres. Cette immersion, par suite de laquelle la presqu'île de *Gaïdouronisi*, au fond de la baie d'Atalante, s'est transformée en île, est due à un affaissement de cette plaine, dont il sera question plus bas.

» Divers autres phénomènes se sont produits. Ainsi des blocs de terre, mesurant parfois 25^{mc}, ont été détachés de quelques collines. Plusieurs sources ont tari, d'autres en ont augmenté le cours. De nouvelles sources chaudes, abondantes et en grand nombre, ont surgi à *Ædipsos* près des sources préexistantes. D'après M. le professeur Dambergis, elles sont de même nature que celles-ci et d'une température qui varie de 31° à 82°.

» De nombreuses crevasses, parfois longues de quelques kilomètres, ont été formées, dont celles sur le cap *Longos* ont détaché une superficie de ce cap de quelques milliers de mètres carrés et l'ont précipitée dans la mer. Un phénomène pareil a été constaté aussi près du village Saint-Constantin et, sur une moindre échelle, près du village *Gialtra* (situé sur l'extrémité ouest de l'île d'Eubée). Près de certaines côtes (Saint-Constantin) un abaissement du fond de la mer a été constaté.

» Mais le phénomène le plus remarquable, c'est la formation d'une grande crevasse, longue d'environ 55^{km} (en plan), large de quelques centimètres à 3^{m} suivant la nature du terrain (largeur en général peu considérable), qui s'étend en direction constante de la baie de *Scroponeri* jusqu'à la ville d'*Atalante* qu'elle traverse juste au-dessus; de là elle suit en direction toujours sud-est-nord-ouest, mais légèrement sinueuse, et va se perdre près du village de Saint-Constantin.

» Vu la nature alluviale de la plaine d'Atalante, l'affaissement de celle-ci le long de la crevasse va jusqu'à $1^{m},5$.

» D'après mes observations faites sur place, il paraît que l'endroit épicentral est une ligne qui s'étend de l'est du cap *Stravo* et qui traverse la presqu'île d'*Ætolymion* en direction sud-est-nord-ouest. »

ÉCONOMIE RURALE. — *La pomme de terre dans l'alimentation de la vache laitière.* Note de M. **Ch. Cornevin**, présentée par M. Aimé Girard.

« A l'instigation de M. Aimé Girard, j'ai entrepris l'hiver dernier une suite de recherches destinées à élucider quelques points du rôle que peut jouer la pomme de terre dans l'alimentation de la vache laitière.

» Ces recherches dont les détails font l'objet d'un Mémoire spécial qui paraîtra prochainement dans le *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, à côté de celui publié par M. Aimé Girard sur la production de la viande chez les bœufs et les moutons, ces recherches, dis-je, m'ont fourni les principaux résultats qui suivent :

» Privées de toute nourriture autre que des pommes de terre qu'elles reçoivent à discrétion, crues et convenablement divisées, les vaches laitières en prennent chaque jour, en moyenne, 7 pour 100 de leur poids vif.

» Sous l'influence de ce régime *exclusif*, il y a élévation du rendement en lait et perte notable de poids vif; l'opposition est très nette et très remarquable. Les déjections, qui sont ramollies et blanchâtres, renferment des granulations de fécule non attaquées par le travail digestif. Je n'ai pas trouvé de sucre dans les urines.

» Les pommes de terre cuites sont bien prises par les bêtes bovines, mais quand elles sont *données seules*, à l'exclusion de tout autre aliment, la rumination se fait mal ou s'arrête et la digestion est entravée; on ne peut pas persister dans ce régime.

» Qu'elle soit crue ou cuite, la pomme de terre doit être mélangée à d'autres aliments pour constituer une ration convenable au double point de vue de la production du lait et de celle de la viande grasse. Le mélange a pour résultat de favoriser les actes mécaniques et chimiques de la digestion, d'élever le coefficient de digestibilité en resserrant la relation nutritive et le rapport adipo-protéique.

» En poursuivant parallèlement sur deux lots de vaches laitières l'étude comparative des résultats fournis par une ration dont les pommes de terre forment la moitié de la matière sèche totale et par une autre où elles n'en forment que les $\frac{22}{100}$, j'ai reconnu que la première est nettement préférable à la seconde.

» D'autres expériences comparées m'ont montré qu'à quantités égales, les pommes de terre crues favorisent la production du lait, tandis que cuites elles provoquent l'engraissement et l'augmentation du poids.

» Sous l'influence d'un régime à base de pommes de terre cuites, la teneur du lait en sucre s'élève, mais l'élévation ne persiste pas quand on change le régime.

» En analysant chaque semaine pendant près de quatre mois le lait de huit vaches dont la ration comportait 20^{kg} de pommes de terre pour les unes et 10^{kg} pour les autres, j'ai constaté avec mon assistant, M. Boucher, qui m'a prêté un concours empressé pour ces analyses longues et répétées, les modifications suivantes qui ont été constantes : 1° diminution de la densité, de la proportion d'extrait sec et de la caséine; 2° augmentation du beurre et des matières minérales. Les conséquences pratiques de ces constatations se déduisent d'elles-mêmes pour l'introduction de la pomme de terre dans le régime des bêtes laitières, suivant que le lait est vendu en nature ou que dans la ferme on se livre à l'industrie beurrière ou à la fabrication des fromages.

» Parmi les aliments que j'ai associés aux pommes de terre, ceux d'origine animale (poudre de viande de baleine) ont donné des résultats très intéressants, une fois que les vaches y furent accoutumées. Je reviendrai ultérieurement sur ce point. »

ÉCONOMIE RURALE. — *La végétation des vignes traitées par la submersion.* Note de M. **A. Müntz**, présentée par M. P.-P. Dehérain.

« La submersion des vignes est un des procédés les plus efficaces pour combattre le Phylloxera. Elle est employée sur une grande échelle dans le Midi et dans le Sud-Ouest, là où la nature du terrain, le relief du sol et la proximité de rivières permettent de maintenir le vignoble recouvert d'une nappe d'eau, pendant une période de quarante à soixante jours consécutifs.

» Suivant que les sols sont plus perméables ou qu'ils ont plus de pente, les quantités d'eau qu'il faut amener pour maintenir la vigne submergée varient depuis $10\,000^{mc}$ jusqu'à $90\,000^{mc}$ par hectare. C'est le plus souvent à l'aide de pompes puissantes que l'eau est amenée et maintenue à un niveau constant (ordinairement $0^m,20$ à $0^m,30$ au-dessus de la surface du sol).

» La submersion n'a pas seulement pour effet de garantir les vignes des atteintes du Phylloxera, elle les garantit aussi des gelées printanières, qui n'atteignent pas les jeunes pousses, aussi longtemps que la nappe d'eau

recouvre le sol ([1]). Mais cette pratique a l'inconvénient d'être coûteuse, d'opérer un lavage du sol, qui élimine les principes fertilisants solubles, et de placer la vigne dans des conditions anormales qui favorisent le développement des maladies cryptogamiques.

» J'ai étudié les conditions de végétation et de production des vignes traitées par la submersion.

» Le premier problème que j'ai cherché à résoudre, c'est celui de la respiration des racines dans un sol recouvert d'eau, dans lequel l'oxygène est absorbé rapidement et où des phénomènes de réduction ne tardent pas à se produire. On sait que les racines respirent en absorbant l'oxygène de l'atmosphère du sol et en émettant de l'acide carbonique. Privées d'oxygène, elles meurent asphyxiées. Comment, dans la pratique de la submersion, où tout au moins certaines parties du sol se trouvent transformées en milieux réducteurs, exempts de toute trace d'oxygène libre, les racines de la vigne ne sont-elles pas asphyxiées ?

» J'ai trouvé la cause de cette résistance dans la présence des nitrates préexistant dans le sol, ou amenés par les eaux qui servent à la submersion. Dans une série d'expériences, j'ai pu faire vivre et prospérer indéfiniment des vignes dont les racines plongeaient dans une terre submergée ne recevant aucune trace d'oxygène libre, mais qui contenait des nitrates, tandis que, dans les mêmes milieux exempts de nitrates, la vigne périssait rapidement. Comment les nitrates peuvent-ils intervenir pour fournir aux racines l'oxygène nécessaire à leurs fonctions physiologiques ?

» On sait, d'après les travaux de M. Schlœsing, de MM. Dehérain et Maquenne, de MM. Gayon et Dupetit, que, dans une terre privée d'oxygène, les nitrates se décomposent en dégageant de l'azote libre, du protoxyde et du bioxyde d'azote et que cette décomposition est due à l'action des microrganismes.

» Parmi les gaz ainsi dégagés, il en est un, le protoxyde d'azote ([2]), qui peut entretenir la combustion à l'instar de l'oxygène. Peut-il servir aux racines de la vigne, à entretenir leurs fonctions respiratoires pendant la durée de la submersion ? J'ai vu, par des expériences directes, qu'il en est réellement ainsi et que les vignes dont les racines plongent dans un milieu privé d'oxygène vivent indéfiniment quand on leur fournit du protoxyde d'azote, même en petites quantités.

([1]) Chauzit, *Revue de Viticulture*, t. I, p. 92 et 359.

([2]) Signalé par MM. Dehérain et Maquenne.

» La décomposition des nitrates sous l'influence des microrganismes met donc à la disposition des racines des vignes submergées un gaz capable de servir à leur respiration.

» Mais les racines sont-elles exclusivement tributaires des êtres inférieurs qui vivent dans la terre et ne peuvent-elles pas directement, comme ces derniers eux-mêmes, prendre l'oxygène des nitrates?

» J'ai dirigé mes études dans ce sens et, dans l'impossibilité de détruire les microrganismes existant à la surface des racines, sans tuer ces dernières, j'ai procédé comparativement, en opérant sur des milieux identiques, formés de terre couverte d'eau, contenant des nitrates, et entièrement soustraits au contact de l'oxygène atmosphérique.

» Dans les uns il n'y avait pas de vignes et l'action exclusive des microrganismes s'y exerçait.

» Dans les autres, où étaient plongées les racines de vignes bien vivantes, dont le système aérien se développait à l'air libre, l'action simultanée des microrganismes et des racines se produisait.

» Voici un exemple des résultats obtenus :

Acide azotique détruit par l'action	simultanée des racines et des microbes.	gr 0,293
»	des microbes seuls....................	0,112
»	directe des racines	0,181

» On voit que les racines peuvent directement agir sur les nitrates et leur emprunter de l'oxygène. C'est donc grâce à la présence de nitrates dans le sol et dans les eaux que les racines des vignes submergées résistent à l'asphyxie, dans les cas où le sol se transforme en un milieu réducteur, ce qui est surtout le cas des terres peu perméables, auxquelles la submersion s'applique de préférence.

» L'énorme quantité d'eau qui lave, par infiltration, les terres des vignes submergées, les place dans des conditions spéciales au point de vue de la fumure. Les frais du mode d'exploitation, la faible valeur marchande des vins obtenus, obligent le viticulteur à pousser à de grands rendements, d'ailleurs favorisés par l'humidité du sol et le choix des cépages. Les nitrates surtout sont entraînés par les eaux. Les fumures azotées sont donc les plus nécessaires. Comment se comporte la vigne vis-à-vis de celles qu'on lui donne?

» J'ai pu étudier cette question dans le domaine de Saint-Laurent d'Aigouze (Gard), appartenant à M. Trouchaud-Verdier et qui est un des types les plus remarquables des vignobles traités par la submersion.

» En 1892, année ordinaire, la vigne a absorbé, pour sa végétation et pour la production de la vendange, $57^{kg},6$ d'azote par hectare, avec une production de vin de $190^{hl},2$. La partie la plus vigoureuse de l'exploitation, prise séparément, a produit jusqu'à 300^{hl}, chiffre qu'on peut regarder comme représentant le maximum de productivité de la vigne; dans ce dernier cas, la quantité d'azote absorbé a été de $82^{kg},5$.

» De pareilles exigences nécessitent l'intervention de fortes fumures azotées, puisque le sol, lavé par les eaux, est dépouillé, chaque année, de l'apport précédent. Aussi a-t-on surtout recours au nitrate de soude, qu'on donne par an et par hectare, à la dose de 600^{kg}, contenant 91^{kg} d'azote. Ce n'est qu'à l'aide de cette fumure intensive que la vigne peut maintenir sa productivité. Dans d'autres domaines on exagère les quantités de nitrate au point de les doubler.

» Si nous comparons la quantité d'azote donnée par la fumure (91^{kg}) à celle qui est exportée en moyenne par le vin ($2^{kg},56$), nous trouvons que la déperdition de l'azote est énorme et qu'elle atteint 97 pour 100 de ce qu'apporte la fumure. Ce n'est donc guère que 3 pour 100 de l'azote donné qui se retrouvent dans la récolte proprement dite, puisque, pour maintenir la production, il faut chaque année renouveler la dose d'engrais azoté.

» La pratique de la submersion entraîne donc des pertes énormes d'azote. Cette fumure coûteuse, si abondamment donnée chaque année, ne fait en réalité que traverser les organes de la plante, auxquels elle permet d'élaborer de grandes quantités de raisins; les débris et les résidus de la végétation annuelle retournent ensuite au sol, qui les consomme rapidement et les laisse perdre dans les eaux qu'on amène à sa surface.

» La terre ne s'enrichissant jamais en azote, malgré les grandes quantités de cet élément qu'on lui donne, malgré le retour à la terre d'une grande partie des feuilles et des marcs, exige donc chaque année de nouveaux apports, pour maintenir cette végétation puissante à laquelle sont dus ses énormes rendements. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur la détermination de la valeur agricole de plusieurs phosphates naturels.* Note de M. **G. Paturel**, présentée par M. Dehérain.

« Les phosphates fossiles ont une valeur commerciale très variable, suivant la région dont ils proviennent. En Bretagne, où leur consommation

est considérable, on emploie principalement, soit les phosphates de l'étage des grès verts, dits *du Boulonnais,* qui se vendent couramment à raison de $0^{fr},32$ à $0^{fr},35$ le kilogramme d'acide phosphorique, soit les sables phosphatés de la Somme ou de l'Aisne, dont le prix ne dépasse pas $0^{fr},20$ à $0^{fr},22$ le degré. Au point de vue de la puissance fertilisante des deux produits, les résultats culturaux sont assez discordants, et les phosphates du Boulonnais ne justifient pas toujours leur plus-value. Il est donc utile de rechercher la cause des différences que l'on observe.

» L'assimilation de l'acide phosphorique nous paraît se produire de la façon suivante : 1° par l'action des sucs acides des racines; 2° par l'action des acides du sol, acide carbonique et autres acides organiques qui existent dans les terres de landes, si abondantes dans notre région. Nous avons examiné l'influence dissolvante de ces deux agents sur plusieurs phosphates naturels.

» 1° *Action des acides des racines.* — La réaction acide apparaît dans les racines aussitôt qu'elles se forment. En répétant la vieille expérience de Sachs, non pas avec des plaques de marbre, mais avec des blocs d'apatite verte bien polis, nous avons trouvé à la surface de la roche dure des sillons nombreux tracés par des racines de sarrazin, et la plante a prélevé sur l'apatite 45^{mgr} d'acide phosphorique. D'autre part, en étudiant les acides contenus dans les tubercules de pommes de terre, nous en avons séparé aisément de l'acide citrique, produit très répandu, d'ailleurs, dans les végétaux.

» Partant de ce point, nous avons mis en contact dans des conditions semblables plusieurs solutions d'acide citrique avec deux phosphates, du Boulonnais et de la Somme, présentant sensiblement la même richesse. Après vingt-quatre heures de contact, on a filtré, puis dosé l'acide phosphorique dissous. On a trouvé :

		Boulonnais.	Somme.
Pour 100 d'acide phosphorique total.	Acide citrique, 10 pour 100.....	41,4	24,9
	» 5 »	31,5	9,2
	» 2 »	19,5	1,6
	» 1 »	13,1	0,9

» Quelle que soit la concentration de la liqueur acide, on voit que le phosphate du Boulonnais est plus aisément attaquable que celui de la Somme. Les différences sont dues à l'inégale teneur en carbonate de chaux des deux produits : le premier contient 7,2 pour 100, et le second 33,1 pour 100 de calcaire. Et un examen plus approfondi de ces résultats

montre qu'il ne s'est pas opéré simplement une saturation partielle de l'acide par le calcaire; mais, en outre, le citrate de chaux formé oppose un obstacle spécial à la dissolution du phosphate par l'acide resté libre.

» Ce résultat a été confirmé par une série de vingt autres expériences faites dans des conditions analogues; l'énergie de l'attaque est toujours réglée par la proportion de calcaire qui accompagne le phosphate. Ce point est aussi conforme à la pratique agricole qui conseille, sur les terres de défrichement, de ne pas apporter à la fois les éléments calcaire et phosphaté, mais d'enfouir d'abord des phosphates, et de n'introduire l'amendement calcaire que quelques années plus tard.

» 2° *Action des acides du sol.* — Les terres de landes et de bruyère ont une réaction acide très marquée, et depuis longtemps M. Dehérain a caractérisé dans ces sols la présence de l'acide acétique. Nous avons étudié l'action de cet acide sur les phosphates déjà examinés, en opérant dans des conditions semblables aux précédentes. Les résultats sont :

		Boulonnais.	Somme.
Pour 100 d'acide phosphorique total.	Acide acétique (à 8°), 50 pour 100...	10,1	3,8
	» 20 » ...	8,7	2,3
	» 10 » ...	7,6	1,3
	» 4 » ...	5,5	0,0

» Ces nombres sont de même ordre que ceux déjà trouvés. Bien que l'attaque soit moins énergique, il y a cependant une supériorité manifeste dans la dissolution du phosphate du Boulonnais. L'écart est dû encore à la différence de richesse en calcaire : en effet, en additionnant un même phosphate de doses croissantes de carbonate de chaux, puis traitant les mélanges par l'acide acétique, on voit la dissolution de l'acide phosphorique décroître à mesure que la proportion de calcaire s'élève.

» L'action dissolvante de l'acide carbonique a été essayée également. La quantité d'acide phosphorique solubilisé par ce corps a toujours été minime; mais les phosphates ainsi traités, se trouvant débarrassés de la majeure partie de leur gangue calcaire, sont ensuite bien plus aisément attaquables par les acides citrique et acétique. C'est donc d'une façon indirecte que l'acide carbonique concourt à l'assimilation des phosphates.

» De l'ensemble de ces résultats, on peut conclure : 1° que les différences constatées parfois dans l'efficacité des phosphates naturels tiennent surtout à l'inégalité de leur teneur en calcaire : les sables de la Somme, employés directement à la culture, sont, d'après leur origine géologique,

très chargés de carbonate de chaux et, par suite, résistent davantage aux actions dissolvantes qui déterminent leur assimilation; 2° la valeur commerciale des phosphates naturels ne devrait pas être basée uniquement sur leur richesse : il conviendrait de tenir compte aussi de la quantité de carbonate de chaux associé au phosphate et de diminuer le prix de l'engrais proportionnellement à cette quantité; 3° il serait désirable de voir appliquer dès maintenant aux phosphates de la Somme l'un des procédés mécaniques ou chimiques proposés pour les enrichir, en les débarrassant de leur gangue calcaire. Leur valeur agricole serait augmentée dans une telle proportion que la culture aurait encore intérêt à les employer à l'état naturel, même si leur prix de vente se trouvait, par ce fait, légèrement élevé. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les courants et les vents sur la côte des Landes de Gascogne.* Note de M. **Hautreux.**

« Depuis quelques années le courant de Rennell est discuté; son existence est mise en doute; de nouvelles expériences ont été entreprises pendant une année entière, du 1er juin 1893 au 31 mai 1894, au moyen de bouteilles flottantes lancées à une distance moyenne de 20 milles de terre, par les vapeurs des Pêcheries d'Arcachon, et de 150 à 200 milles au large par les paquebots des Messageries maritimes.

» Pour éviter le roulement des bouteilles à la surface de l'eau, les bouteilles ont été accouplées par une cordelette de 3m de longueur. L'une d'elles aux trois quarts pleine d'eau sert de lest et maintient l'autre bouteille flottant dans sa verticale. L'ensemble obéit aux déplacements de la couche d'eau voisine de la surface jusqu'à 3m de profondeur. Le système la montré une grande résistance; des bouteilles ont été recueillies après sept mois d'immersion.

» *Tableau des bouteilles flottantes.* — Voici mois par mois le nombre des lancements et celui des arrivages :

	1893.								1894.					
	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Totaux.
Lancements près de terre......	7	19	9	18	28	12	8	14	3	8	17	2	16	161
Arrivages......	»	14	7	1	6	4	2	3	4	5	13	1	3	64

» Parmi ces arrivages il en provient :

Des lancements au large.............	19
Des lancements près de terre...........	45

» C'est pour ces derniers une proportion d'arrivages de 28 pour 100.

» Les grandes époques d'atterrissages ont été :

Du 15 au 17 juin 1893...........	10 bouteilles.
Du 14 au 18 juillet 1893........	7 »
Du 13 au 17 mars 1894.........	11 »

A ces différentes époques, il a régné à Arcachon des vents forts du S.-W. au N.-W.

» Sur les 64 atterrissages, il n'y en a pas eu plus de 7 à 8 qui se soient produits sans l'aide immédiate des vents du large.

» L'influence de la direction du vent est certaine et prépondérante.

» Les directions résultantes des bouteilles ont été :

Vers le S.-E. pour...........	41 bouteilles.
Vers l'E. »	10 »
Vers le N.-E. »	13 »

» Ces dernières ont toutes eu lieu pendant la saison froide.

» L'ensemble des atterrissages a eu lieu sur le rivage des Landes de Gascogne, entre l'embouchure de la Gironde et celle de la Bidassoa.

» Les vitesses de transport, déduites du rapport entre la distance parcourue et le temps d'immersion, dans les trajets de courte durée, donnent pour les bouteilles lancées au large, 5 à 6 milles par vingt-quatre heures; tandis que, pour les bouteilles lancées à moins de 30 milles de terre, les vitesses ne sont que de 2 à 3 milles par jour. Les vitesses s'amortissent à mesure que les épaves pénètrent davantage dans le golfe. La côte repousse au large les corps flottants. L'aspect de la carte des bouteilles montre que les directions s'infléchissent le long des côtes. Les durées d'immersion donnant les moindres vitesses ont eu lieu généralement en hiver, ainsi que les directions les plus divergentes.

» Les grandes époques d'atterrissage ayant eu lieu par les gros vents du large, on a étudié la direction générale et la poussée des vents aux trois points qui limitent le champ des observations : La Coubre, Arcachon et Biarritz.

» Les bulletins météorologiques donnant chaque jour la direction et la force relative du vent, on peut, sur un plan, comme on le ferait pour la route estimée d'un navire, tracer une suite de lignes qui, quelle que soit l'échelle adoptée, représente un ensemble de mouvements semblable à

celui qu'ont réellement éprouvé les couches d'air voisines du point d'observation. C'est l'expression figurée de la poussée des vents. Ce travail, exécuté pour les trois points désignés, a donné les résultats suivants pour toute une année, à 7^h matin.

» La poussée des vents, à Biarritz, a donné une direction générale vers le nord. A La Coubre, l'ensemble porte vers le large en décrivant un large circuit tourné vers le sud, avec des rétrogradations en octobre 1893 et en mai 1894. A Arcachon, les lignes s'enchevêtrent davantage et donnent la sensation de vastes tourbillonnements.

» D'après le graphique de Biarritz, l'air paraît s'écouler des sommets des montagnes cantabriques vers le large, dans la matinée, et affecter le caractère des *brises de terre.*

» Les observations d'Arcachon, prises à midi et le soir, montrent la tendance à la rotation diurne des vents sur la côte des Landes. A midi la direction générale est vers l'E.-S.-E.; à 8^h du soir elle est vers le S.-E. Pendant la saison froide l'appel des vents du large ne se fait plus et le système des vents étésiens disparaît.

» La poussée des vents de la journée vers le S.-E. explique que les bouteilles aient suivi, pendant l'été, des trajets vers le S.-E., tandis qu'à partir du mois de septembre les trajets vers le nord deviennent nombreux.

» Il y a concordance complète entre le régime météorologique et les mouvements des eaux de la surface; il n'y a pas lieu de faire intervenir un courant océanien d'origine extérieure.

» *En résumé :* Les corps flottants à l'ouvert du golfe de Gascogne ont, pendant l'été, une tendance à pénétrer dans le golfe; leur vitesse de transport s'atténue à mesure qu'ils approchent de terre; ils éprouvent, pendant l'hiver, des mouvements contrariés en tous sens.

» Les courants de la côte des Landes sont la conséquence directe de la poussée des vents. Pendant les mois chauds, les vents ont une tendance marquée à souffler du large pendant la journée et à s'infléchir vers le sud-est dans l'après-midi. Les eaux de la surface obéissent à cette poussée. Pour cette raison, le rivage des Landes est, pour les épaves, un point d'atterrissage beaucoup plus fréquent et presque exclusif des autres parties du globe.

» Près de la côte existe, pour une cause encore indéterminée, une sorte de répulsion qui amortit la vitesse de transport et retarde l'atterrissage; il faut, pour le faciliter, l'aide des grosses brises du large. Les vitesses de dérive, déduites des immersions de courte durée et des trajets de carcasses flottantes, sont : au milieu du golfe, de 5 à 6 milles par vingt-quatre heures; en dedans de 30 milles de terre, elles sont de 2 à 3 milles par jour. Avec

les gros vents d'ouest, les vitesses n'ont pas dépassé 6 milles en vingt-quatre heures. »

M. G. **Cleret** adresse à l'Académie les Chapitres IV, V et VI de son « Histoire de la Création ».

MM. **Ed. Piette** et **J. de Laporterie** adressent une Note ayant pour titre : « Les races humaines ».

M. E. **Maumené** adresse deux Notes intitulées : « Sur la loi des actions de contact » et « Sur les composés de l'acide phosphorique ».

M. V. **Ducla** adresse à l'Académie plusieurs Notes relatives à la classification générale des sels métalliques.

Dans la séance du 30 septembre 1878 l'Académie avait accepté le dépôt d'un pli cacheté de M. **A. Lenoir**.

Sur la demande de la famille de l'auteur, ce pli, inscrit sous le numéro 3246, est ouvert en séance par M. le Secrétaire perpétuel. Il contient une Note sur la direction des aérostats.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 2 juillet 1894.

Œuvres de Fermat, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Charles Henry, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique. Tome II : *Correspondance*. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894; 1 vol. in-4°.

Bulletin des Sciences mathématiques, rédigé par MM. Gaston Darboux et Jules Tannery. Deuxième série. Tome XVIII, avril 1894. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894; 1 fasc. in-8°.

Acta mathematica. Journal rédigé par G. Mittag-Leffler. 18 : 1. Paris, A. Hermann; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Hermite.)

Le Calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques, par M. Maurice d'Ocagne. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, publié sous la direction des Secrétaires de la Société, MM. Collignon et Aimé Girard. Mai 1894. Paris; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de la Société géologique de France. Troisième série, Tome XXII. Juin. Paris, 1894; 1 fasc. in-8°.

Bulletin des séances de la Société nationale d'Agriculture de France. Compte rendu mensuel. Année 1894. Paris, Chamerot et Renouard; 1 fasc. in-8°.

Archives des Sciences physiques et naturelles. Troisième période. Tome XXXI, n° 6. Paris, G. Masson, 1894; 1 fasc. in-8°.

Annals of the Royal Botanic Garden, Calcutta. Vol. IV : *The Anonaceæ of British India*, by George King, M. B. Calcutta-London, 1893; 1 vol. in-4°.

Smithsonian Institution. United States national Museum. Scientific Taxydermy for Museums, by R.-W. Shufeldt, M. D. Washington, 1894; 1 vol. in-8°.

La Chimie de la cellule vivante, par Armand Gautier, Membre de l'Institut, professeur à la Faculté de Médecine de Paris. G. Masson; Gauthier-Villars et fils; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. A. Gautier.)

Annales de Chimie et de Physique, par MM. Berthelot, Pasteur, Friedel, Mascart. Septième série, juillet 1894. Paris, G. Masson, 1894; 1 fasc. in-8°.

Journal de Mathématiques pures et appliquées. Tome X. Année 1894. Fasc. n° 1. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894; in-4°.

Annales agronomiques, publiées sous les auspices du Ministère de l'Agriculture, par M. P.-P. Dehérain, Membre de l'Institut, etc. Tome XX, n° 6. Paris, G. Masson, 1894; 1 fasc. in-4°.

Recherches pour servir à l'histoire des insectes fossiles des temps primaires, précédées d'une étude sur la nervation des ailes des insectes, par Charles Brongniart, assistant de Zoologie du Muséum d'Histoire naturelle. Texte et atlas. Saint-Étienne, Théolier et Cie; 2 vol. in-4°. (Présentés par M. Blanchard.)

Les Annélides polychètes des côtes de Dinard. Troisième Partie, par le baron de Saint-Joseph (Extrait des *Annales des Sciences naturelles*, etc.). Paris, G. Masson, 1894; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. Milne-Edwards.)

Sur l'addition des fonctions hyperelliptiques, par M. le Vicomte de SALVERT, Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille. (Extrait des *Annales de la Société scientifique de Bruxelles.*) Bruxelles, F. Hayez, 1894; 1 br. in-8°.

Essai de Thermodynamique graphique, par RENÉ DE SAUSSURE. (Extrait des *Archives des Sciences physiques et naturelles.*) Genève, Aubert Schuchardt, 1894; 1 fasc. in-8°.

Observations météorologiques publiées par l'Institut météorologique central de la Société des Sciences de Finlande. 1881 à 1888. Kuopio, O.-W. Backmann, 1893; 4 vol. in-4°.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London, (A-B) for the year MDCCCXCIII. Vol. 184. London, Harrison and sons, 1894; 2 vol. in-4°.

Documente privitore la Istoria Românilor culesse de Ludoxiu de Hurmuzaki; Volumus VIII, 1376-1650. Bucuresci, 1894.

University of Nebraska Seventh annual Report of the Agricultural Experiment Station of Nebraska. Lincoln, Nebraska; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 18 juin 1894.)

Note de M. *Hinrichs*, Notice préliminaire sur un genre inverse des pierres météoriques communes :

Page 1420, ligne 15, *au lieu de* pyroxénée, *lisez* donnée.